Organanalytische Untersuchungen über den Stickstoff- und Phosphorstoffwechsel und ihre gegenseitigen Beziehungen.

HABILITATIONSSCHRIFT

zur

Erlangung der Venia legendi

der

Medizinischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität zu Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Dr. Georg Grund,
Assistenzarzt der medizinischen Klinik.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1910.

Diss. Halle 1910.

83/72

Organanalytische Untersuchungen über den Stickstoff- und Phosphorstoffwechsel und ihre gegenseitigen Beziehungen.

HABILITATIONSSCHRIFT

zur

Erlangung der Venia legendi

der

Medizinischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität zu Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Dr. Georg Grund,
Assistenzarzt der medizinischen Klinik.

ACAD. LEOPOLDINA BIBL.

München.
Druck von R. Oldenbourg.
1910.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548112_0015

In der Lehre vom Stoffwechsel hat der Eiweifsstoffwechsel von jeher eine besonders wichtige Stellung eingenommen. Der Grund dafür liegt einmal in der überragenden Bedeutung der Eiweifskörper für die Lebensvorgänge: alle spezifischen Lebensvorgänge sind an ihr Vorhandensein geknüpft, und unter den drei Gruppen der eigentlichen Nahrungsmittel sind sie die einzigen, die für das Fortbestehen des Lebens unter allen Umständen unentbehrlich sind. Für den Kliniker hat das zur Folge, dafs alle Ernährungsfragen schliefslich auf Fragen des Eiweifsstoffwechsels hinauslaufen oder wenigstens auf das Verhalten des Eiweifsstoffwechsels besonders Rücksicht nehmen müssen; damit steht dieser auch in klinischer Hinsicht im Zentrum des Interesses.

Dazu gesellt sich ein zweiter mehr äufserlicher Grund, warum Untersuchungen über den Eiweifsstoffwechsel den Kliniker so häufig beschäftigen: sie sind diejenigen Stoffwechselversuche, die technisch am leichtesten in einer relativen Zuverlässigkeit ausgeführt werden können, und zwar nicht nur im Tierexperiment, sondern auch am Krankenbett. Darin liegt ein grofser Vorzug: man ist auf keinem Gebiete des Stoffwechsels so frühzeitig zu ausgedehnten Kenntnissen gekommen wie auf diesem. Dieser Vorzug nach der einen Seite hat aber auch einen nicht zu unterschätzenden Nachteil nach der anderen Seite zur Folge gehabt:

man hat gerade von klinischer Seite oft darüber hinweggesehen, daſs die Leistungsfähigkeit der technisch leicht zu handhabenden Methodik des Eiweiſsstoffwechselversuches nur eine relative ist und daſs ihr eine Anzahl prinzipieller Mängel anhaften, die es auſserordentlich erschweren, über das rasch gewonnene Maſs von Kenntnissen hinaus weiter zu gelangen. Diese Mängel sind vor allem die beiden folgenden: Man untersucht den Eiweiſsstoffwechsel, indem man den Stickstoffstoffwechsel feststellt. Daſs die Übereinstimmung beider nicht vollständig ist, ist in der Theorie allerdings niemals übersehen worden, aber in der Praxis hat man sich gewöhnt, die Differenzen zwischen Stickstoff- und Eiweiſsstoffwechsel für belanglos anzusehen, und wenn auch von autoritativer Seite immer wieder gegen diese Identifizierung Protest erhoben worden ist, so sind die aus diesem Punkt entspringenden Unklarheiten doch auch heutzutage nur zum geringsten Teile behoben, und im einzelnen Versuch kann man ohne die Identifizierung nach wie vor vielfach nicht auskommen. Der zweite Mangel unserer Untersuchungen über den Eiweiſsstoffwechsel betrifft einen Punkt, der schon in früherer Zeit lebhaft erörtert worden ist, ohne daſs aber die Diskussion über ihn damals aus dem Gebiete der Theorie wesentlich hinausgekommen wäre. Ihm liegt folgende Überlegung zugrunde: Selbst wenn wir aus dem Stickstoffstoffwechsel auf den Eiweiſsstoffwechsel schlieſsen dürfen, so ist nicht zu vergessen, daſs die Eiweiſskörper im Organismus die verschiedensten Rollen spielen; es kann nicht gleichgültig sein, in welcher Form und wo im Körper zurückgehaltenes Eiweiſs angesetzt wird oder woher ausgeschiedenes stammt. Erst in neuerer Zeit haben sich ausgedehnte Untersuchungen damit beschäftigt, diese Fragen zu lösen, besonders indem man versucht hat, die gleichzeitige Beobachtung des Stoffwechsels anderer Körper zu benutzen, um für den des Eiweiſses tiefere Erkenntnis zu sammeln.

Im folgenden soll nun zunächst dargestellt werden, welche verschiedenen Anschauungen über die Form existieren, in der Eiweiſs bzw. Stickstoff im Körper angesetzt werden können. Hierbei werde ich mich auf die Klarlegung der Begriffe beschränken, indem ich im übrigen auf die ausführlicheren Erörterungen der

komplizierten Frage bei Magnus-Levy[1]) und v. Noorden[2]) verweise. Daran wird sich eine Übersicht über die verschiedenen Wege anschliefsen, auf denen die eben erwähnten neueren Untersuchungen die Frage des Eiweifsansatzes zu fördern gesucht haben; besonders werden die Beziehungen des Eiweifsstoffwechsels zum Phosphorstoffwechsel eine ausführlichere Besprechung erfordern. Alsdann werden sich eine Anzahl Fragestellungen ergeben, die zu den eigenen Versuchen geführt haben, welche den Inhalt der vorliegenden Arbeit bilden.

I.

Auch wenn sich ein Organismus im Stickstoffgleichgewicht befindet, wird nach der allgemeinen Anschauung ein Teil des ihm zugeführten Eiweifses zurückbehalten. Er tritt als vollwertiges Glied in die Gewebe ein und dient dort dazu, denjenigen Teil des vorher vorhandenen Eiweifses zu ersetzen, der als verbraucht und nicht mehr funktionsfähig ständig eingeschmolzen wird. Wenn weniger Stickstoff ausgeschieden wird, als zugeführt worden ist, also Stickstoffretention besteht, so kann ein solcher Eintritt von Eiweifs in die Gewebe über das Mafs des durch Verbrauch entstandenen Verlustes stattfinden; die Masse der Gewebe wird vermehrt, wobei das neu hinzutretende Eiweifs genau dieselben Funktionen besitzt wie das bereits vorhandene. Das in dieser Form angesetzte Eiweifs ist von Voit[3]) Organeiweifs genannt worden. Spätere Autoren haben demselben teilweise andere Namen gegeben (organisiertes Eiweifs, Pflüger[4]); lebendiges Eiweifs, Fränkel[5]); stabiles Eiweifs, Hofmeister,

1) Magnus-Levy, Physiologie des Stoffwechsels. Handb. d. Pathol. d. Stoffwechsels, herausgeg. von v. Norden 1906, II. Aufl., Bd. 1 S. 303 ff.

2) v. Noorden, Der Hunger und die chronische Unterernährung, ebenda S. 480 ff.; die Überernährung, ebenda S. 548 ff.

3) C. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung. Leipzig 1881.

4) Pflüger, Über einige Gesetze des Eiweifsstoffwechsels. Pflügers Archiv Bd. 54 S. 333.

5) Fränkel, Über den Einfluſs der verminderten Sauerstoffzufuhr zu den Geweben auf den Eiweifszerfall im Tierkörper. Virch. Arch. Bd. 67 S. 273.

Magnus-Levy[1]); in der Sache decken sich diese Begriffe im wesentlichen mit dem Voits.

Herrscht also in diesem Punkte Einigkeit, so gehen die Meinungen um so weiter auseinander über Form und Ausdehnung, in der Eiweifs im Körper retiniert werden kann, ohne dafs es Organeiweifs wird. Voit[2]) prägte den Begriff des »zirkulierenden Eiweifses«, einer Eiweifsart, die sich durch grofse Zersetzlichkeit auszeichnend im Säftestrom durch die Organe zirkuliere. Das Nahrungseiweifs sollte zunächst in dieser Form im Organismus in Erscheinung treten und aus ihr sich erst das Organeiweifs bilden; und ebenso sollte das Organeiweifs sich vor dem endgültigen Zerfall erst lösen und in zirkulierendes Eiweifs übergehen. Die rasche Steigerung der Stickstoffausscheidung bei Vermehrung des Nahrungseiweifses sollte auf einer Vermehrung des zirkulierenden Eiweifses beruhen; die relativ grofse Stickstoffausscheidung im Beginn des Hungers wurde auf einen Vorrat von zirkulierendem Eiweifs aus der Zeit der reichlicheren Ernährung her zurückgeführt. Dabei war nicht alles gelöste Eiweifsals »zirkulierendes« aufzufassen.

Der Begriff des zirkulierenden Eiweifses ist von Pflüger[3]) heftig bekämpft worden, besonders wegen der unklaren Abgrenzung gegenüber dem gelösten Eiweifs überhaupt. Auch bestritt er die Anschauung Voits, dafs die Anbildung und der Abbau des Organeiweifses über das zirkulierende Eiweifs vor sich gehe. Er unterschied einfach organisiertes und nicht organisiertes Eiweifs, wobei er unter letzterem alles nicht in Zellen befindliche Eiweifs verstand. Einen ähnlichen Umfang wie das nicht organisierte Eiweifs Pflügers hat der von Fränkel[4]) aufgestellte Begriff des toten Eiweifses.

In neuerer Zeit hat Magnus-Levy[5]) die Voitsche Lehre vom zirkulierenden Eiweifs modifiziert, indem er sie von dem örtlichen Begriff, den ihr Voit beimafs, ganz loslöste. Er stellte

1) Magnus-Levy, a. a. O. S. 339.
2) C. Voit, a. a. O.
3) Pflüger, a. a. O.
4) Fränkel, a. a. O.
5) Magnus-Levy, a. a. O. S. 339.

die Eigenschaft der leichten Zersetzlichkeit in den Vordergrund und schuf so im Anschluſs an eine Äuſserung Hofmeisters den Namen des labilen Eiweiſses.

Während wir also hier auf der einen Seite das Bestreben haben, eine Eiweiſsart abzusondern, die sich durch ihre gesteigerte Anteilnahme am Stoffwechsel auszeichnet, ist auf der anderen Seite angenommen worden, daſs es eine Form des Ansatzes von Eiweiſs gäbe, in der es ohne überhaupt irgendwelche Funktionen zu übernehmen im Organismus ähnlich wie etwa das Glykogen aufgestapelt wird als »Resersve-« oder »totes Zelleinschluſseiweiſs« (v. Noorden[1]), Röhmann[2]), Lüthje[3]). Während v. Noorden diese Art des Eiweiſsansatzes ursprünglich für die Retention kleinerer Mengen von Stickstoff ins Auge faſste, sucht Lüthje durch sie gerade eine Erklärung dafür zu finden, daſs es in einzelnen Fällen auch beim erwachsenen nicht unterernährten Organismus gelingt, auſserordentlich groſse Mengen von Stickstoff zum Ansatz zu bringen. Durch die Eiweiſsmengen, um die es sich bei ihr handeln kann, unterscheidet sich überhaupt die Theorie des Zelleinschluſseiweiſses erheblich von derjenigen des zirkulierenden bzw. labilen Eiweiſses. Während bei letzterem durch die Eigenschaft der leichten Zersetzlichkeit die Menge rasch eine obere Grenze finden muſs, ist das Zelleinschluſseiweiſs an Quantität durch die Theorie nicht begrenzt.

Haben wir bisher die Formen erörtert, in denen zugeführtes Eiweiſs als solches retiniert werden kann, so bleibt jetzt noch die Möglichkeit zu erwägen, ob Eiweiſsstickstoff in Gestalt von Abbauprodukten des Eiweiſsmoleküles im Körper aufgestapelt werden kann. Dafür ist besonders Pflüger[4]) eingetreten, indem er eine unbekannte stickstoffhaltige Mastsubstanz annahm, die in den Zellen fixiert und chemisch gebunden werden

1) v. Noorden, Lehrbuch der Pathologie des Stoffwechsels. I. Aufl. 1893, S. 120.

2) Röhmann, Stoffwechselversuche mit phosphorhaltigen und phosphorfreien Eiweiſskörpern. Berl. kl. Wochenschr. 1889, S. 789.

3) Lüthje, Beiträge zur Kenntnis des Eiweiſsstoffwechsels. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 44 S. 22.

4) Pflüger, Pflügers Archiv Bd. 68 S. 176 und Bd. 77 S. 521.

sollte. Eine nähere Formulierung dieses Körpers ist nicht gegeben worden. Erst vor kurzem ist von Abderhalden[1]) die Retention von stickstoffhaltigen Abbauprodukten wiederum als möglich und wahrscheinlich hingestellt worden.

II.

Es ist jetzt dazu überzugehen, die Methoden näher darzustellen, durch die man in jüngerer Zeit versucht hat, die verschiedenen Möglichkeiten des Stickstoffansatzes gegeneinander abzuwägen und überhaupt tiefer in die Probleme der Eiweifsrentention einzudringen.

Da sind diejenigen Versuche, auf Grund deren Abderhalden zu der eben erwähnten Anschauung der Retention von Eiweifsabbauprodukten gekommen ist, an die Spitze zu stellen, weil sie prinzipiell einen andern Weg einschlagen als die überwiegende Mehrzahl der übrigen. Abderhalden untersucht nicht die Beziehungen des Stickstoffstoffwechsels zu dem anderer Körper, sondern er ist bestrebt, aus dem Studium der Stickstoffausscheidung allein weitere Einblicke zu gewinnen, indem er ihren Ablauf unter besonderen Umständen einer näheren Untersuchung unterwirft. Er studiert einmal die Tatsache näher, dafs es gelingt, mittels Durchspülung des Körpers durch grofse Mengen Wasser eine Mehrausscheidung von Stickstoff zu erzielen. Im Verein mit Bloch[2]) findet er, dafs beim Alkaptonuriker unter diesen Umständen allerdings ebenfalls eine Vermehrung der Gesamtstickstoffausscheidung stattfindet, ohne dafs aber die Homogentisinsäure vermehrt wird, derjenige Körper, als welcher beim Alkaptonuriker der gesamte aromatische Anteil des Eiweifsmoleküls im Harn erscheint. Er schliefst daraus, dafs der ausgeschwemmte Stickstoff nicht einem vollwertigen Eiweifsmolekül angehört haben könne. Da es sich nun zeigte, dafs die Mehrausfuhr von Stickstoff im Beginn einer Hungerperiode sich hintanhalten läfst, wenn man vorher aus dem Körper durch Wasserzufuhr Stickstoff ausgeschwemmt hat, so schliefst er[3]), dafs auch diese Stickstoffmehrausfuhr nicht auf den Abbau von vollwertigem Eiweifs zurückzuführen sei. Damit würde gerade der wichtigste Teil des zirkulierenden Eiweifses von Voit seines Eiweifscharakters entkleidet werden.

Die Mehrzahl der Autoren ist andere Wege gegangen als Abderhalden. Sie hat sich bemüht, die Beziehungen des Stickstoffstoffwechsels zum gleichzeitigen Stoffwechsel von solchen Körpern zu studieren, die innerhalb des Eiweifsmoleküls selbst zum Stickstoff oder innerhalb der Gewebe zum Gesamteiweifs in bestimmter Relation stehen.

1) Abderhalden, Lehrb. d. physiol. Chemie. II. Aufl. 1909, S. 312 ff.
2) Abderhalden u. Bloch, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 53 S. 464.
3) Abderhalden, Studien über den Eiweifsstoffwechsel. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 59 S. 177.

Im Eiweifsmolekül ist der Schwefel ein integrierender Bestandteil. Wenn Eiweifsverlust eintritt, mufs auch der ihm zugehörige Schwefel in den Ausscheidungsprodukten erscheinen; er tut das zum geringeren Teile in Gestalt von neutralem, zum gröfseren in Gestalt von oxydiertem Schwefel im Harn[1]). Daher kann man aus der gleichzeitigen Ausfuhr von Schwefel darauf schliefsen, dafs ausgeschiedener Stickstoff einem vollwertigen Eiweifsmolekül angehört hat. So hat Gruber[2]) gefunden, dafs der beim Beginn einer Hungerperiode mehr ausgeschiedene Stickstoff mit der entsprechenden Menge von Schwefel verbunden gewesen ist. Das würde im Gegensatz zu den erwähnten Versuchen von Abderhalden dafür sprechen, dafs der Begriff des zirkulierenden Eiweifses in diesem Punkte zu Recht besteht. In ähnlicher Weise hat Bornstein[3]) nachzuweisen gesucht, dafs der vom erwachsenen normal genährten Organismus zurückgehaltene Stickstoff in Form von Eiweifs angesetzt wird. Besonders zahlreich sind die auf dieser Überlegung beruhenden Untersuchungen noch nicht. Wie weit sie sich als zuverlässig bewähren werden, läfst sich noch nicht übersehen. Doch mufs in Betracht gezogen werden, dafs erhebliche Fehlerquellen dieser Methode anhaften. Einmal ist der Schwefelgehalt verschiedener Eiweifskörper sehr verschieden; dann wird auch der Eiweifsschwefel nicht in derselben gleichmäfsigen Art ausgeschieden wie der Eiweifsstickstoff (vgl. Magnus-Levy a. a. O. S. 154).

Sämtliche Gewebe des Körpers enthalten grofse Mengen von Wasser. Dieser Wassergehalt ist, auf fett- und glykogenfreie Trockensubstanz bezogen, für die einzelnen Organe ziemlich konstant. Daraus hat man den Schlufs gezogen, dafs nur dann retiniertes Eiweifs als Gewebseiweifs zum Ansatz gebracht worden sein kann, wenn gleichzeitig die entsprechende Menge von Wasser zurückbehalten worden ist. Mit dieser Überlegung rechnen besonders die Versuche von Lüthje[4]). Er vertritt die Anschauung, dafs das von ihm verfochtene Zelleinschlufseiweifs nur mit wenig Wasser verbunden sei, auch das zirkulierende Eiweifs braucht nach ihm nicht mit der gleichen Menge Wassers verbunden zu sein, wie das Organeiweifs. Er stellt bei seinen Versuchen, in denen es ihm gelang, beim erwachsenen nicht unterernährten Menschen erhebliche Quantitäten Stickstoff zur Retention zu bringen, einen Vergleich an zwischen der tatsächlichen Gewichtszunahme der Personen und derjenigen, welche sich ergeben würde, wenn man annähme, dafs der retinierte Stickstoff als mit Wasser verbundenes Organeiweifs als »Fleisch« zum Ansatz gekommen ist. Aus der Gröfse der Differenz

1) Genaueres über die S-Ausscheidung im Harn s. bei Harnack u. Kleine, Über den Wert genauer Schwefelbestimmungen im Harn für die Beurteilung von Veränderungen des Stoffwechsels. Zeitschr. f. Biol. Bd. 37 S. 417.

2) Max Gruber, Einige Bemerkungen über den Eiweifsstoffwechsel. Zeitschr. f. Biol. Bd. 42 S. 407.

3) Bornstein, Verhandl. d. Kongr. f. inn. Med. 1904, S. 523.

4) Lüthje, Zeitschr. f. klin. Medizin Bd. 44 S. 22.

werden dann Schlüsse auf die Menge des retinierten Stickstoffs gezogen, der nicht als Organeiweifs zum Ansatz gebracht worden ist. Diese Menge müfste teilweise sehr erheblich sein, wenn man die Richtigkeit dieser Rechnung anerkennt. In dem Versuche Kr. wurden binnen 9 Tagen 146,98 g N zurückgehalten. Der daraus berechnete Trockeneiweifsansatz beträgt 918,6 g, die Zunahme an Fleisch würde 4,32 kg betragen; dazu wäre noch eine aus dem Kalorienüberschufs errechneter Fettansatz von 670 g hinzuzuzählen. Im ganzen wäre also die geforderte Gewichtszunahme 4,99 kg. Tatsächlich nahm aber das Gewicht nur um 2,2 kg zu. Da nun die Summe, die sich ergäbe, wenn man den Fettansatz zu der Menge des trockenen Eiweifses hinzuzählt, schon 1,589 kg betragen würde, so hätte in diesem Falle nur ein geringer Bruchteil des Stickstoffs als Organeiweifs oder Fleisch zum Ansatz kommen können. Noch gröfser sind die in Form von Zelleinschlufseiweifs oder in verwandter Art angesetzten Stickstoffmengen bei einem Diabetiker Lüthjes[1]). Hier wurden 394,6 g Stickstoff retiniert, während das Körpergewicht nur um 1,9 kg zunahm. In diesem Falle würde eine Umrechnung des Stickstoffs auf trockenes Eiweifs bereits 2,6 kg ergeben, also mehr, als die gesamte Gewichtszunahme betrug.

In solchen Fällen wie den hier zitierten, wo die Differenzen so gewaltige sind, wird man nicht umhin können, der von Lüthje angeführten Berechnung ein erhebliches Gewicht beizumessen. Ihr Wert bleibt aber immer ein sehr bedingter. Wenn man auch von der Unsicherheit der Berechnung des Fettansatzes ohne regelmäfsige Respirationsversuche absieht, so bleibt doch als schwerwiegendster Einwand die Tatsache bestehen, dafs der Wassergehalt des Organismus kein ganz konstanter ist. Wenn auch prozentisch berechnet der Wassergehalt der einzelnen Organe nicht sehr schwanken mag, so ergeben sich für den Gesamtorganismus doch erhebliche Zahlen, um die sein Wassergehalt unabhängig vom Stickstoffstoffwechsel sich verändern kann. Magnus-Levy[2]) schätzt diese »physiologische Wasserdifferenz« auf etwa 2 kg, eine Summe also, die derjenigen Menge Wasser gleichkommt, die in den Geweben mit rund 85 g Stickstoff verbunden wäre.

Auf einer erheblich breiter ausgebauten Grundlage fufsen diejenigen Versuche, die es sich zur Aufgabe machen, den Stickstoff-Stoffwechsel mit dem Phosphorstoffwechsel zu vergleichen. Alle Gewebe des Organismus enthalten Phosphor. Wenn sie durch Ansatz oder Abbau von vollwertigem Gewebseiweifs in ihrer Masse verändert werden, so wird angenommen, dafs sie entsprechend dem in ihnen bestehenden Verhältnis von Eiweifs zu Phosphor auch Phosphor ansetzen und

1) Lüthje, Stoffwechselversuche an einem Diabetiker etc. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 39 S. 397.

2) Magnus-Levy, a. a. O. S. 355.

abgeben. Man wird also aus der Menge des Phosphors, die gleichzeitig mit dem Stickstoff ausgeschieden oder retiniert worden ist, Rückschlüsse auf den Anteil des Stickstoffs ziehen dürfen, der als Organeiweifs Verwendung gefunden hat. Bereits Bischoff[1]) hat nachgewiesen, dafs vom fleischgefütterten Hunde in der Tat bei Stickstoffretention gleichzeitig Phosphor zurückgehalten und bei Stickstoffverlusten Phosphor abgegeben wird. Beides fand in seinen Versuchen annähernd in demselben Verhältnis statt, das in der Muskulatur zwischen Phosphor und Stickstoff obwaltet. Auf diese Weise konnte er den Fleischansatz bzw. -abbau fast ebensogut aus der Stickstoff- wie aus der Phosphorbilanz ausrechnen.

Die Folgezeit hat gelehrt, dafs in dieser engen Weise eine Verkettung von Phosphor- und Stickstoff-Stoffwechsel nicht die Regel ist, ja dafs die Versuche von Bischoff sogar einen Ausnahmefall darstellen. Der Grund dafür ist einleuchtend: der prozentuelle Gehalt der Gewebe an Phosphor ist ein sehr verschiedener. Schon Muskulatur und Drüsen unterscheiden sich in dieser Hinsicht voneinander, aufserordentlich grofse Differenzen bestehen zwischen den beiden genannten Geweben einerseits und der Nerven- und Knochensubstanz anderseits. Eine verhältnismäfsig geringe Mehrbeteiligung der phosphorreichen Gewebe am Stoffwechsel wird genügen, um den Quotienten zwischen Phosphor und Stickstoff stark zu verschieben. So hat sich denn gezeigt, dafs der Quotient, in dem beide Körper im Hunger ausgeschieden werden, beim Menschen durchaus nicht ihrem Verhältnis in der menschlichen Muskulatur und Drüsen entspricht, sondern dafs relativ mehr Phosphor ausgeschieden wird (J. Munk[2])). In neueren Versuchen ist dann eingehend dargelegt worden, dafs auch bei Nahrungsaufnahme Phosphor- und Stickstoff-Stoffwechsel unab-

1) Bischoff, Über die Ausscheidung der Phosphorsäure durch den Tierkörper. Zeitschr. f. Biol. Bd. 3 S. 309.

2) J. Munk, Untersuchungen an zwei hungernden Menschen. Virch. Archiv Suppl.-Bd. 131 S. 159.

hängig voneinander verlaufen (Sivén[1]), Ehrström[2]). Ehrström fand sogar, dafs ein bedeutender Phosphoransatz gleichzeitig mit Stickstoffverlust verbunden sein kann. Er kommt zu der Anschauung, dafs der Phosphoransatz nicht denselben Gesetzen folge wie der Stickstoffansatz. »Während der Organismus eine recht grofse Fähigkeit besitzt, seine Stickstoffausgaben den Stickstoffeinnahmen anzupassen und sich in Stickstoffgleichgewicht zu stellen, scheint dem Phosphor diese Anpassungsfähigkeit zu fehlen.« Diese Abhängigkeit des Phosphoransatzes von der Phosphorzufuhr tritt besonders auch in den Versuchen von Loewi[3]) hervor, in denen es gelang, bei Zufuhr von Nukleinkörpern Stickstoff- und Phosphoransatz in demselben Verhältnis zu erzielen, in dem beide Stoffe in den zugeführten Nukleinkörpern vorhanden waren. Die Versuche von Jacob und Bergell[4]) hatten ein ähnliches Ergebnis.

Aus allem ist denn zur Genüge ersichtlich, dafs ein blofser Vergleich von Phosphor- und Stickstoff-Stoffwechsel auf den Charakter des letzteren keinen Schlufs zu ziehen erlaubt. Man hat daher versucht, den Phosphoranteil, der aus phosphorreichen Geweben stammt, in seinem Umfang gesondert zu bestimmen und dadurch die Rückschlüsse auf den gleichzeitigen Stickstoff-Stoffwechsel präziser zu gestalten. Forster[5]) hat als erster darauf hingewiesen, dafs ein erheblicher Anteil der vom Organismus abgegebenen Phosphorsäure aus den Knochen stammen kann; er berechnete für seinen Salzhungerhund diesen Anteil zu 66,5 %. Weiske[6]) wies nach, dafs die Knochen hungernder

1) Sivén, Zur Kenntnis des Stoffwechsels beim erwachsenen Menschen etc. Skandinav. Archiv f. Physiol. Bd. 11 S. 308.

2) Ehrström, Zur Kenntnis des Phosphorumsatzes bei dem erwachsenen Menschen. Skandinav. Archiv f. Physiol. Bd. 14 S. 82.

3) Loewi, Untersuchungen über den Nukleinstoffwechsel. Archiv f. exp. Path. u. Pharm. Bd. 45 S. 157.

4) Jacob u. Bergell, Über den Einfluſs nukleinhaltiger Nahrung auf Blut und Stoffwechsel etc. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 35 S. 371.

5) Forster, Versuche über die Bedeutung der Aschebestandteile in der Nahrung. Zeitschr. f. Biol. Bd. 9 S. 297.

6) Weiske, Über Knochenzusammensetzung bei verschiedenartiger Ernährung. Zeitschr. f. Biol. Bd. 10 S. 410.

Kaninchen erheblich an Gewicht abnehmen. J. Munk[1]) hat dann in seinen klassischen Versuchen am hungernden Menschen und Hunde gleichzeitig Stickstoff, Phosphor und Calciumbilanzen aufgestellt und durch diese nachgewiesen, dafs ein erheblicher Teil des ausgeschiedenen Phosphors aus den Knochen stammt. In Anlehnung an diese Versuche von Munk sind seitdem von zahlreichen Autoren solche parallelen Stoffwechselbestimmungen der drei Körper durchgeführt worden.

Im folgenden soll nun geprüft werden, wie weit die Calciumbilanzen wirklich ihren Zweck erfüllt haben, die Herkunft des ausgeschiedenen und den Ansatz des retinierten Phosphors befriedigend aufzuklären, derart, dafs es möglich ist zu sagen, wieviel von ihm den eiweifsreichen und phosphorarmen Geweben und wieviel den Knochen zuzurechnen ist. Erst dann wird man ein Urteil darüber gewinnen, ob es erlaubt ist, aus dem derart präziser gefafsten Phosphorstoffwechsel Rückschlüsse auf den gleichzeitigen Stickstoff-Stoffwechsel zu ziehen.

Natürlich ist es nicht angängig, einfach aus der Calciumbilanz vermittelst des Phosphor-Calciumquotienten der Knochensubstanz zu berechnen, wieviel Phosphor dem Knochen entstammt oder in ihm angesetzt worden ist, und den Rest ohne weiteres auf die stickstoffreichen Gewebe zu beziehen. Man wird vielmehr von einer wirklichen Aufklärung verlangen müssen, dafs der so erhaltene Rest unter den gleichen Bedingungen auch in gleicher Beziehung zu dem Stickstoff-Stoffwechsel steht und dafs sich mit anderen Erfahrungen keine unlösbaren Widersprüche ergeben.

Um hierüber ein Urteil zu gewinnen, ist es am besten, sich zunächst nach den Fällen umzusehen, in denen die Rechnung aufgeht. Man versteht darunter diejenigen Bilanzen, in denen der Phosphorrest, welcher nach Aussage der Calciumzahlen mit den Knochen nichts zu tun hat, gerade so grofs ist wie die Phosphorzahl, die sich aus der Stickstoffbilanz auf Grund des Phosphorstickstoffquotienten der eiweifsreichen Gewebe aus-

1) Munk, a. a. O. und Beiträge zur Stoffwechsel- u. Ernährungslehre, Pflügers Archiv Bd. 58 S. 319.

rechnen läfst. In ähnlicher Weise müssen bei aufgehenden Bilanzen alle anderen Zahlen, die sich auf zwei verschiedene Weisen aus den Bilanzen ausrechnen lassen, miteinander übereinstimmen. Wie die Rechnung im einzelnen durchgeführt worden ist, wird später an einigen Beispielen illustriert werden.

Solche Fälle gibt es nun in der Tat ziemlich zahlreich, wobei die Versuche unter verschiedenen Bedingungen angestellt worden sind. Wellmann[1]) fand ein gutes Aufgehen der Rechnung bei Versuchen an hungernden Kaninchen, Wendt[2]) bei Stoffwechselversuchen an Menschen, die im wesentlichen unter Stickstoffgleichgewicht verliefen, Lüthje und Berger[3]) bei ebensolchen, bei denen Stickstoffmast stattfand. Auch die Hundeversuche, die Gottstein[4]) zusammenstellt, verhalten sich ähnlich.

Dem gegenüber stehen aber zahlreiche Versuche, die unter ähnlichen, stellenweise genau den gleichen Bedingungen angestellt wurden, bei denen die Rechnung keineswegs so glatt aufgeht. Darunter sind zunächst einmal die klassischen Versuche von Munk[5]) selbst zu rechnen, besonders der Hungerversuch desselben am Hunde. Dieser Versuch wird von jeher in der Literatur als besonders beweisend für die gute Übereinstimmung der Calcium-, Phosphor- und Stickstoffbilanzen angeführt. Tatsächlich liegt aber diese Übereinstimmung nicht vor. Sie ist vielmehr durch einen Rechenfehler vorgetäuscht, der Munk untergelaufen ist. Da es sich um einen prinzipiell wesentlichen Fall handelt, will ich die Berechnung Munks im folgenden anführen.

Der Hund Munks schied in den 10 Tagen der Hungerperiode 48,3 g N und 11,7 g P_2O_5 aus. Das Verhältnis von

1) Wellmann, Untersuchungen über den Umsatz von Ca, Mg und P bei hungernden Tieren. Pflügers Archiv Bd. 121 S. 508.

2) Wendt, Untersuchungen über den Eiweifs- u. Salzstoffwechsel beim Menschen. Skand. Archiv f. Physiol. Bd. 17 S. 211.

3) Lüthje u. Berger, In welcher Form kommt aus der Nahrung retinierter Stickstoff im Organismus zur Verwendung? Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 81 S. 278.

4) Gottstein, Über das Verhalten von Ca und Mg in einigen Stoffwechselversuchen mit phosphorhaltigen und phosphorfreieu Eiweifskörpern. Inaug.-Diss. Breslau 1901.

5) Munk, a. a. O. Pflügers Archiv Bd. 58.

P_2O_5 : N in den eiweifsreichen Geweben, im »Körperfleisch«, wird von Munk wie von den meisten späteren Autoren zu 1 : 6,6 angenommen. Auf Grund dieser Zahl berechnet Munk die Phosphorsäuremenge, die mit dem ausgeschiedenen Stickstoff im Körperfleisch verbunden gewesen ist, auf $\frac{48{,}3}{6{,}6} = 7{,}32$ g P_2O_5. Es ergibt sich also eine Abgabe von P_2O_5 seitens anderer Organe als des Körperfleisches in der Höhe von 11,7—7,32 g = 4,38 g. Diese Zahl wird nach Abzug von 0,1 g, die dem Blute entstammen können, auf Ausscheidung aus dem Knochengewebe bezogen. Der feuchte Knochen enthält nun nach den von Munk benutzten Analysen 13,27 % P_2O_5. Danach läfst sich die Knochenmenge, die eingeschmolzen sein mufs, um die Phosphorsäureausscheidung zu erklären, durch folgende Gleichung berechnen:

$$13{,}27 : 100 = 4{,}28 : x,$$

$$x = \frac{4{,}28 \cdot 100}{13{,}27} = 32{,}3 \text{ rund } 32 \text{ g}.$$

Die CaO-Ausscheidung betrug 2,43 g. Davon werden abgerechnet die Kalkmenge, die im zugeführten Trinkwasser vorhanden war, mit 0,215 g, und diejenige, die rechnerisch dem eingeschmolzenen Körperfleisch zugeschrieben werden kann, mit 0,113 g (100 g feuchtes Fleisch enthalten 8 mg CaO). Es verbleiben damit 2,1 g CaO, die auf Knocheneinschmelzung zu beziehen wären. Der feuchte Knochen enthält nun rund 15 % CaO. Zur Ermittelung der eingeschmolzenen Knochenmenge läfst sich hiernach folgende Gleichung aufstellen:

$$15 : 100 = 2{,}1 : x,$$

$$x = \frac{2{,}1 \cdot 100}{15} = 14 \text{ g}.$$

Munk selbst hat unbegreiflicherweise aus derselben Überlegung 31,5 g errechnet. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dafs ihm dabei ein Lapsus untergelaufen ist, indem er statt $\frac{210}{15}$ 2,1 · 15 gerechnet hat, was in der Tat 31,5 ergeben würde. Da-

mit entfällt die gute Übereinstimmung, die mit der aus Phosphor- und Stickstoffbilanz errechneten Zahl von 32 g bestehen würde. An ihre Stelle tritt eine Differenz um beinahe den doppelten Betrag. In ähnlicher Weise ergibt sich eine Unstimmigkeit, wenn ich aus der CaO-Menge die Phosphorsäure zu berechnen suche, die aus dem Knochengewebe stammen mufs, und sie mit derjenigen Zahl vergleiche, die aus dem Zusammenhalt von Phosphor- und Stickstoffbilanz für den gleichen Begriff erhalten wurde. Im Knochen verhalten sich CaO zu P_2O_5 wie 15 : 13,27, oder es ist, wenn x die in den Knochen enthaltene Menge P_2O_5 bedeutet

$$2{,}1 : x = 15 : 13{,}27,$$

$$x = \frac{13{,}27 \cdot 2{,}1}{15} = 1{,}85 \text{ g}.$$

Die nicht auf Körperfleischeinschmelzung zu beziehende P_2O_5-Menge war, wie oben berechnet, aber 4,28 g. Es verbleibt demnach ein ungedeckter Rest von 2,43 g P_2O_5, ein Drittel des Betrages, der für diejenige Phosphorsäure ermittelt wurde, die aus Körperfleisch herzuleiten ist. Will man also nicht die Grundlage des ganzen Berechnungsprinzips umstofsen — worüber erst später diskutiert werden soll —, so müfste man die auf Körperfleisch zu beziehende Phosphorsäure um $^1/_3$ erhöhen, um zu einem glatten Aufgehen der Rechnung zu gelangen. — Dafs das nicht ohne weiteres angängig ist, bedarf keiner Erörterung.

Auch die Bilanzen der Hungerversuche Munks[1]) am Menschen gehen nicht glatt auf. Munk hat die vergleichende Rechnung nicht zu Ende geführt; im folgenden soll das in Kürze geschehen.

Im Fall Cetti wurden während 10 Hungertagen 115,7 g N ausgeschieden und 26,21 g P_2O_5. Die auf Körperfleisch zu beziehende P_2O_5-Menge betrug 17,53 g, der auf Knocheneinschmelzung zu beziehende Rest demnach 8,68 g. Die vom Knochen abzuleitende Menge des ausgeschiedenen CaO wird dem gegenüber auf 3,81 g angegeben. Stelle ich dieselbe Rechnung an wie oben, so ergibt sich aus $3{,}81 : x = 15 : 13{,}27$ diejenige Menge P_2O_5, die nach Aussage der Kalziumbilanz auf Knocheneinschmelzung zu beziehen ist. Sie beläuft sich auf 3,37 g. Die Menge des ungedeckten P_2O_5 beläuft sich also auf $8{,}68 - 3{,}37 = 5{,}31$ g. Das ist wiederum beinahe ein Drittel der Zahl, welche die auf Körperfleischzersetzung zurückzubeziehende Phosphorsäureausscheidung angibt.

1) Munk, a. a. O. Virchows Archiv, Suppl.-Bd. 131 S. 159.

Im zweiten Falle (Breithaupt) werden aus der Stickstoffbilanz 10,4 g P_2O_5 berechnet, die auf Körperfleisch zu beziehen wären. Die gesamte P_2O_5-Ausscheidung betrug 13,43 g, der Rest also 3,03 g. Die auf Knochen zu beziehende CaO-Ausscheidung betrug 0,4 g, aus der sich vermittelst derselben Gleichung wie oben 0,354 g P_2O_5-Ausscheidung vom Knochen her ausrechnen lassen. Die Menge des ungedeckten P_2O_5 betrug demnach 3,03 — 0,354 = 2,68 g, also über ein Viertel der vom Körperfleisch stammenden P_2O_5-Ausscheidung.

Noch viel gröfsere Differenzen in der Berechnung von gleichzeitigen Bilanzen der 3 Körper finden sich bei Mastversuchen.

Auf der einen Seite ergeben sich grofse Überschüsse von P_2O_5-Ansatz, der rechnerisch nicht aufgeklärt werden kann. Dieser ungedeckte Ansatz beträgt in der zweiten Periode des ersten Versuches von Büchmann[1]) bei einem Gesamtansatz von 10,78 g P_2O_5 nicht weniger als 8,2 g. Er übertrifft den auf Fleisch zu beziehenden Betrag des P_2O_5-Ansatz von 1,366 g P_2O_5 um ein vielfaches. Ähnliches findet sich in der dritten Periode desselben Versuches und in der zweiten Periode des zweiten. Dapper[2]) erzielte in der zweiten und dritten Periode seines Selbstversuches ebenfalls erhebliche Überschüsse von angesetztem P_2O_5. Enorme Beträge ungedeckten P_2O_5 finden sich auch in den Versuchen von Cronheim und Müller[3]), wenn auch diese nur bedingt zum Vergleich herangezogen werden können, da es sich bei ihnen um wachsende Organismen handelte.

Gegenteilig verliefen andere Versuche, bei denen nicht genügend Phosphorretention nachgewiesen werden konnte, um den Phosphoransatz zu decken, der sich theoretisch mit dem gleichzeitig nachgewiesenen Calcium- und Stickstoffansatz vergesellschaften müfste.

Kaufmann und Mohr[4]) beobachteten das in zwei Versuchen. Im einen wurde so viel CaO retiniert, dafs in Gestalt von Knochensubstanz mit ihm 11,77 g P_2O_5 hätten verbunden sein müssen. Tatsächlich wurden aber insgesamt nur 9,45 g P_2O_5 angesetzt, und das bei einem gleichzeitigen Eiweifsansatz von 34,28 g, der ebenfalls noch einen Teil des P_2O_5 hätte in Beschlag nehmen müssen. Die Verhältnisse des zweiten Versuches waren

1) Büchmann, Beiträge zum Phosphorstoffwechsel. Zeitschr. f. diät. u. physikal. Therapie Bd. 8 S. 67.

2) Dapper, Über Fleischmast beim Menschen. Inaug.-Diss. Marburg 1902.

3) Cronheim u. Müller, Versuche über den Stoff u. Kraftwechsel des Säuglings etc. Zeitschr. f. diät. u. physikal. Therapie Bd. 6 S. 25 u. 95.

4) Kaufmann u. Mohr, Über Eiweifsmast. Berl. klin. Wochenschr. Bd. 23 S. 161.

ganz ähnlich. Auch die Vorperiode des ersten Versuches von Büchmann[1]) zeigte analoge Zahlen. Die erste Periode des Dapperschen[2]) Versuches gehört ebenfalls hierhin, wenn auch die Differenzen bei ihr nicht sehr erheblich sind.

Ein Versuch von Renvall[3]), bei dem nicht Hunger, aber länger dauernde Unterernährung bestand, wies in ähnlicher Weise wie die Hungerversuche von Munk einen Überschufs von ungedeckter P_2O_5-Ausscheidung auf, der sogar eine geringe CaO-Retention gegenüberstand.

Sind nun alle diese Versuche wirklich imstande, die Herkunft des ausgeschiedenen und den Ansatz des retinierten Phosphors befriedigend aufzuklären? Wir müssen diese Frage mit Nein beantworten. Gewifs lassen sich verschiedene Einflüsse erkennen, die im Einzelfalle auf die Gröfse der Retention von Phosphor oder Calcium eingewirkt haben. So kann es als sicher gelten, dafs der starke Ansatz von Phosphor in den Versuchen von Büchmann[1]) mit grofsen Lezithingaben in der Nahrung zusammenhängt. Auch bei Dapper ist die Zufuhr in der 2. und 3. Periode seines Versuches sehr grofs gewesen. Bei Herxheimer[4]) konnte eine starke Calciumretention ohne gleichlaufende Phosphorretention auf abundante Zufuhr von anorganischen Kalksalzen zurückgeführt werden. Aber in anderen Fällen unter den hier angeführten lassen sich dieselben Einflüsse nicht nachweisen, und es ist gar nicht daran zu denken, sie in ihrer Tragweite bis jetzt auch nur einigermafsen abzuschätzen. Aber selbst wenn das gelingen würde, wären wir für unseren Zweck nicht viel besser daran. Wir wüfsten dann immer noch nicht, wohin im einen Falle die grofsen Mengen ungedeckten Phosphoransatzes gegangen sind und woher im anderen diejenige Phosphorausscheidung stammt, die rechnerisch nicht auf Einschmelzung von Knochen oder Fleisch zurückzuführen ist.

Die Ursache für dieses unbefriedigende Ergebnis ist darin zu suchen, dafs die grundlegenden Vorstellungen, auf denen die

1) Büchmann, a. a. O.

2) Dapper, a. a. O.

3) Renvall, Zur Kenntnis des P-, Ca- und Mg-Ansatzes beim erwachsenen Menschen. Skand. Archiv f. Physiol. Bd. 16 S. 94.

4) Herxheimer, Untersuchungen über die therapeutische Verwendung des Kalkbrotes. Berl. klin. Wochenschr. Bd. 97 S. 423.

ganze Methode des Vergleiches von Stickstoff- mit Phosphor- und Calciumbilanzen beruht, prinzipielle Mängel aufweisen. Einmal sind die Phosphor-Stickstoffquotienten, mit denen operiert wird, recht roh gewählt. Bei der Feststellung des Quotienten für das »Körperfleisch« sind allerdings neben der Muskulatur auch die Drüsen berücksichtigt worden. Aber bei dem Grade der Berücksichtigung ist willkürlich verfahren worden. Wir haben nicht den mindesten Anhalt dafür, dafs unter verschiedenen Umständen Muskulatur und Drüsen sich auch nur einigermafsen gleichmäfsig am Phosphor- und Stickstoff-Stoffwechsel beteiligen. Dadurch kann der Phosphor-Stickstoffquotient erheblich nach oben und unten verschoben werden, wobei noch zu berücksichtigen ist, dafs die verschiedenen Drüsen nicht als gleichwertig zu erachten sind. Einzelne phosphorreiche Gewebe sind sogar ganz unberücksichtigt geblieben, vor allem das Nervensystem; die Annahme, dafs dieses sich am Stoffwechsel nur wenig beteilige, mag nicht unberechtigt sein, aber es fehlt der zwingende Beweis dafür[1]).

Der andere Mangel der grundlegenden Anschauungen ist der, dafs wir vorläufig keine Garantie dafür haben, dafs die Gewebe des Körpers bei der Einschmelzung und beim Ansatz wirklich Stickstoff, Phosphor und Calcium in demselben Verhältnis abgeben und retinieren, in dem diese Stoffe vorher in ihnen vertreten waren. Besonders gilt das anscheinend von den Knochen. Rey[2]) hat nachgewiesen, dafs sie imstande sind, intravenös zugeführten Kalk ohne gleichzeitige Phosphorzufuhr tagelang in sich aufzuspeichern. Betreffend Muskulatur und Drüsengewebe wird später noch auf diesen Punkt zurückzukommen sein.

Schliefslich ist noch auf die Möglichkeit hinzuweisen, dafs in Verbindung mit einer derartigen Veränderung ihrer relativen Zusammensetzung die Gewebe, besonders die Knochen, einzelne Stoffe an andere Gewebe abgeben können. Das prinzipielle Vor-

1) Über die wahrscheinliche Anteilnahme des Nervengewebes an der Phosphorretention des Säuglings vgl. Cronheim u. Müller (a. a. O.).

2) Rey, Über die Ausscheidung und Resorption des Kalkes. Archiv f. experim. Path. u. Pharm. Bd. 35 S. 295.

kommen solcher Stoffwanderungen geht aus den bekannten Untersuchungen Mieschers[1]) über die gegenseitigen Beziehungen des Eierstocks und der Muskulatur beim Rheinlachs hervor.

Haben wir somit die Möglichkeit verneint, auf Grund von vergleichenden Stickstoff-, Phosphor- und Calciumbilanzen die Herkunft des ausgeschiedenen und den Ansatz des retinierten Phosphors befriedigend aufzuklären, so müssen wir auch sagen, dafs es nicht angängig ist, aus dem Resultat dieser Bilanzen bindende Schlüsse auf die Form zu ziehen, in der Eiweifs im Körper angesetzt wird. Denn die genaue Bestimmung der Menge des mit dem jeweils angesetzten Stickstoff verbundenen Phosphors ist die Voraussetzung dieses Beginnens, und das ist hiernach eben unmöglich. Trotzdem soll ein kurzer Blick auf derartige Berechnungen geworfen werden und zur Illustration der Versuch 3 von Lüthje und Berger[2]) angeführt werden.

Die Versuchsperson retinierte in 7 Tagen 79,9 g N und gleichzeitig 3,2 g CaO. Aus der letzteren Zahl berechnet sich als Erfordernis von P_2O_5 für stattgehabte Knochenneubildung 2,3 g (die Quotienten von Lüthje und Berger sind etwas verschieden von den oben erwähnten Munks). Da im ganzen 8,8 g P_2O_5 retiniert wurden, so bleibt für den retinierten Stickstoff 6,5 g P_2O_5 disponibel. »Die eingeführten 80 g N würden aber zur Fleischneubildung 11,1 g P_2O_5 erfordern, also beinahe die doppelte Menge des vorhandenen Phosphors. Etwa 47 g N konnten danach als Fleisch zum Ansatz gekommen sein, 33 g aber sind nicht mit Phosphorsäure vereinigt.«

Diese 33 g würden nach Lüthje als Zelleinschlufseiweifs anzusprechen sein, zum geringeren Teil ev. auch als zirkulierendes Eiweifs oder stickstoffhaltige Nichteiweifskörper. So plausibel diese Rechnung im Einzelfalle erscheinen mag, so zwingen uns die dargelegten prinzipiellen Gründe doch, ihren Wert als sehr bedingt anzusehen.

Überblicken wir das Gesamtergebnis, das die hier referierten neueren Arbeiten zutage gefördert haben! Wir finden da viele

1) Mieschер, Die histochemischen und physiologischen Arbeiten von M. Leipzig 1897.

2) Lüthje u. Berger, a. a. O. Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 81.

interessante Einzelbeobachtungen, aber die Schlüsse, die sich aus ihnen auf die Form ziehen lassen, in der Stickstoff zum Ansatz kommt, sind nicht zwingend, ja wir können getrost sagen, sie stehen auf so schwankendem Fufse, dafs das gesicherte Mafs von Kenntnissen über diesen Gegenstand auch heute noch recht unbefriedigend ist.

War bisher nur von der Form des Eiweifsansatzes die Rede, so soll jetzt auf eine neuere Arbeit eingegangen werden, die sich mit dem Orte des Eiweifsansatzes beschäftigt. Darüber können Stickstoffbilanzen keinen Aufschlufs geben. Wir wissen nicht, in welches Organ retinierter Stickstoff eingetreten ist. Auch Phosphorbilanzen können darüber nur ganz vage Schlüsse zulassen, etwa indem man annimmt, dafs bei gleichzeitigem reichlichen Phosphoransatz hauptsächlich die nukleinreicheren Organe aufgesucht worden sind. Exakte Resultate könnten nur durch direkte Untersuchungen der in Frage kommenden Organe gewonnen werden. Diesen Weg hat Seitz[1]) eingeschlagen.

In den gesammelten Arbeiten Mieschers[2]) findet sich folgende Äufserung: »Ich hoffe den Nachweis führen zu können, dafs dies Organ (d. h. die Leber) nicht nur für Kohlehydrate, sondern auch für Eiweifs und für Phosphorsäure als Kontokorrentbank dient, wo der Überschufs an Vorratseiweifs einstweilen aufgespeichert wird, aber auch rasch wieder liquidiert werden kann.« Pflüger[3]) sagt in seiner zusammenfassenden Arbeit über das Glykogen: »Nach dem, was ich beobachten konnte, beim Lösen der Leber von mit Eiweifs gemästeten Tieren in siedender Kalilauge, mufs ich schliefsen, dafs die Leber auch zur Aufstapelung von Eiweifsvorräten dient. Die Leber ist demgemäfs bestimmt, als Vorratskammer für Eiweifs, Fett und Kohlehydrate.« Beide Äufserungen geben keine exakten Daten. Seitz hat es nun, angeregt von Pflüger, unternommen,

1) Seitz, Die Leber als Vorratskammer für Eiweifsstoffe. Pflügers Archiv Bd. 111 S. 309.

2) Miescher, a. a. O. I., S. 102.

3) Pflüger, Pflügers Archiv Bd. 96 S. 387.

die Leber auf diese supponierte Eigenschaft hin zu untersuchen.

Er bestimmte bei Hühnern und Enten, die 6—12 Tage gehungert hatten, die Stickstoffmenge, die in der Leber einerseits und anderseits in dem gesamten übrigen Körper vorhanden waren. Danach wurden Tiere derselben Gattung, die ebensolange gehungert hatten, mit Fischfleisch gemästet, und wiederum die Gesamtstickstoffmenge in der Leber und dem übrigen Körper bestimmt. Das Resultat war folgendes. Die Gesamtstickstoffmenge in der Leber stieg bei den ersten beiden gemästeten Hühnern in 16 bzw. 20 Tagen auf 3,952 bzw. 2,446 % des Gesamt-N gegenüber 1,592 % in der Leber der beiden Kontrolltiere. In einer zweiten Versuchsreihe betrug die Stickstoffmenge in der Leber des gemästeten Huhns nach 18 Tagen 4,710 % des gesamten in dem Tiere vorhandenen Stickstoffs, während die beiden Kontrolltiere nur 2,491 % durchschnittlich aufwiesen. Bei zwei gemästeten Enten endlich fand er nach 18 bzw. 32 Tagen 5,967 bzw. 5,151 % gegenüber 1,853 % im Durchschnitt der Hungertiere.

Es ergab sich also, dafs die Gesamtstickstoffmenge der Leber bei den gemästeten Tieren im Verhältnis zur Gesamtstickstoffmenge des übrigen Körpers zwei- bis dreimal so hoch war als bei den Hungertieren.

Dieser Befund ist so auffallend, dafs er die ernsteste Beachtung verdient. Wenn er sich bestätigt, so zeigt er uns zunächst eine neue Funktion der Leber, deren Bedeutung gar nicht abgesehen werden kann. Weiterhin drängt sich folgende Überlegung auf: Wir sehen hier in kurzer Frist die Stickstoffmenge, die in einem Organ vorhanden ist, sich auf das Doppelte und Dreifache heben. Wenn überhaupt irgendwo, so ist sicher hier die Gelegenheit gegeben, dafs sich der Stickstoffansatz in einer anderen Form vollzieht als in der des vollwertigen Organeiweifses. Hier am ehesten werden wir erwarten können, dafs ein Stickstoffansatz ohne entsprechenden Phosphoransatz stattfindet.

Damit war für mich die Aufforderung gegeben, durch erneute Versuche festzustellen, wieweit die von Seitz der Leber zugeschriebene Eigenschaft der Eiweifsstapelung zu Recht besteht. Gleichzeitig und vor allem mufste diesen Versuchen eine Ausdehnung gegeben werden, die es gestattet, in die Form des Stickstoffansatzes und in sein Verhältnis zum Phosphoransatz tiefere Einblicke zu gewinnen als es bisher möglich war.

III.

Ehe ich an die Darlegung des Versuchsplanes selbst gehe, empfiehlt es sich, Klarheit darüber zu gewinnen, wieso sich die hier ins Auge gefafsten Versuche prinzipiell von anderen Stoffwechselversuchen unterscheiden mufsten, was von ihnen überhaupt geleistet werden konnte und wieweit bereits früher auf ähnliche Weise Resultate erzielt worden waren. Es handelt sich hier um organalytische Untersuchungen. Damit ist ausgesprochen, dafs sie einen ganz anderen Weg einschlagen als die weitaus überwiegende Mehrzahl der Versuche, durch die bisher der Stickstoff- und Phosphorstoffwechsel studiert worden ist. In diesen wurden die Einnahmen und die Ausgaben des Organismus bestimmt und aus dem Vergleich beider wurde auf die Vorgänge innerhalb des Organismus Schlüsse gezogen. Selbstverständlich müssen die grundlegenden Kenntnisse über den Stoffwechsel eines Körpers auf diesem Wege gewonnen werden. Die Erkenntnismöglichkeit auf ihm hat aber eine Grenze, die dadurch gebildet wird, dafs der Organismus keine Einheit ist, sondern aus vielen Organen besteht, deren jedes seinen eigenen Stoffwechsel hat. Dafs es fast unmöglich sein kann, die Relation dieser einzelnen Faktoren des Stoffwechsels durch die Stoffwechselversuche im engeren Sinne zu entwirren, ist aus der oben gegebenen Darstellung des Phosphorstoffwechsels klar zu ersehen.

Demgegenüber haben organanalytische Untersuchungen bestimmte und erhebliche Vorteile, die ihnen eine prinzipielle Bedeutung sichern und sie stellenweise auch befähigen, Erkenntnisse zu gewinnen, die ihrerseits wieder bei Stoffwechselversuchen am lebenden Tier Verwendung finden können. Wenn man Organanalysen an Tieren ausführt, die sich unter differenten Stoffwechselbedingungen befinden, wird man durch direkte Bestimmung der einzelnen Stoffe feststellen können, wie sich unter diesen Bedingungen ihre Verteilung auf die verschiedenen Organe gestaltet, und wird damit Verhältnisse aufklären, die auf andere Weise nicht zu eruieren wären. Fernerhin hat man den grofsen

Vorteil, dafs man in diesen vergleichenden Untersuchungen die verschiedenen Körper einzeln bestimmen kann, die in den Exkreten unter Umständen als ein gemeinsames Stoffwechselprodukt auftreten.

Auf die uns hier speziell interessierenden Stoffwechselfragen übertragen, werden wir von der Methodik der Organuntersuchungen Aufklärungen besonders über folgende Punkte erhoffen können:

1. Über die Verteilung der Gesamtstickstoffmenge auf die einzelnen Organe unter verschiedenen Ernährungsbedingungen, über dieselbe Frage also, die von Seitz untersucht worden ist.

2. Über das Verhältnis des Gesamtphosphors zum Gesamtstickstoff unter der gleichen Variation der Versuchsbedingungen. Damit wird es möglich sein, ein Urteil darüber zu gewinnen, ob die bisher angenommene Konstanz des Phosphor-Stickstoffquotienten im Körperfleisch zu Recht besteht, eine Annahme, die bisher des experimentellen Beleges entbehrt. Im Gegensatz zu ihr ist von verschiedener Seite auch neuerdings wieder darauf hingewiesen worden, dafs eine Verschiebung des Phosphor-Stickstoffquotienten unter verschiedenen Ernährungsbedingungen wohl möglich ist. Magnus-Levy sagt (a. a. O. S. 459): »Ungewifs ist ferner, ob die Organe bei Verringerung ihrer Masse Stickstoff und Phosphorsäure im Verhältnis ihres ursprünglichen Vorrates abgeben. Es ist wahrscheinlich, dafs kernreiche Organe im Hungern relativ reicher an P_2O_5 werden, da die Substanzabnahme mehr den Zelleib als den phosphorsäurereichen Kern betrifft.« Das Resultat wird zu einer Kritik der mit der Konstanz des Phosphor-Stickstoffquotienten rechnenden Stoffwechselversuche verwendet werden können. Ferner wird es möglich sein, zur Lösung der Frage beizutragen, ob in den Organen auch Stickstoff retiniert werden kann, der nicht als vollwertiges Organeiweifs anzusehen ist. Das würde sich in einer Verschiebung des Verhältnisses von Phosphor zu Stickstoff in den Organen ausprägen müssen.

3. Über das Verhältnis, in dem sich an dem Phosphor der Organe die verschiedenen Phosphorarten beteiligen, die im

Körper vorkommen. Namentlich wird es möglich sein, den mit Eiweifs verbundenen Phosphor besonders zu bestimmen. Dafs unter verschiedenen Ernährungsbedingungen dieser stets den gleichen Prozentanteil am Gesamtphosphor hat, ist nicht bewiesen.

Stelle ich nun gleichzeitig nicht nur fest, wieviel Gesamtstickstoff, sondern auch wieviel Eiweifsstickstoff vorhanden ist, so werde ich imstande sein, das Verhältnis des Eiweifsstickstoffs zu dem an Eiweifs gebundenen Phosphor zu berechnen. Es wird sich ergeben, dafs damit besonders die Frage des Zelleinschlufseiweifses erneut gefördert werden kann. Dadurch wird es auch möglich sein, die Zahlen, welche die Verteilung des Stickstoffs auf die einzelnen Organe angeben, auf Eiweifsstickstoffzahlen zu reduzieren und für die Frage der Eiweifsstapelung noch wertvoller zu gestalten. Auch an und für sich wird das Verhältnis des Eiweifsstickstoffs zum Nichteiweifsstickstoff Beachtung erfordern.

Die Vorzüge der organanalytischen Untersuchungen wären nach allem sehr grofs, wenn ihnen nicht anderseits ein Nachteil anhaftete, der beträchtliche Schwierigkeiten macht. Die Untersuchungen setzen den Tod des Versuchstieres voraus. Da es nun nicht möglich ist, Organe menschlicher Leichen in einigermafsen regelmäfsiger Weise so frisch zu erhalten, dafs die Analysen noch zuverlässig wären, sind wir auf Tierversuche angewiesen. Sicher ist das ein Nachteil; aber unsere Kenntnisse über den Eiweifsstoffwechsel beruhen überhaupt zu einem sehr wesentlichen Anteile auf Tierversuchen, und manche prinzipielle Fragen lassen sich auch sonst am Tierversuch besser studieren. (Vgl. darüber Magnus-Levy, a. a. O. 303.) Gröfser ist die andere Schwierigkeit, die aus demselben Punkte entspringt. Wir können jedes Tier nur einmal untersuchen, Es ist nicht möglich, die verschiedenen Ernährungsbedingungen durch Untersuchungen desselben Tieres zu studieren, sondern wir müssen uns dazu an Parallelversuche halten. Das ist in der Tat ein bedeutender Nachteil. Dadurch dafs man zu den Parallelversuchen möglichst ähnliche Tiere nimmt und ihre Zahl nicht zu gering wählt, wird er grofsenteils ausgeglichen werden können. Er wird wenigstens

so weit mit Sicherheit ausgeglichen werden können, dafs es gelingt, einigermafsen erhebliche Verschiebungen des Stoffwechsels durch die Organuntersuchung festzustellen, während sich geringfügige allerdings dem sicheren Nachweis entziehen werden. Die Quantitäten sowohl von Stickstoff wie von Phosphor, über deren Schicksal man sich im unklaren ist, sind aber nicht geringfügig, sondern sogar sehr grofs. Ich brauche nur auf das zu verweisen, was ich in der vorhergehenden Zusammenstellung neuerer Versuche über den Phosphor- und Stickstoffstoffwechsel mitgeteilt habe.

Nun zu einer Besprechung dessen, was bisher von Organuntersuchungen bekannt ist, die für die Beurteilung der hier in Rede stehenden Stoffwechselfragen verwendet werden können! Das ist nicht viel. Gerade neuere Autoren haben auf diesen Mangel hingewiesen. (Magnus-Levy[1]), Abderhalden[2]).) Immerhin sind einige Befunde erhoben worden, auf die hier näher eingegangen werden mufs.

Vorweg sind diejenigen Versuche zu erwähnen, die ohne genauere Analysen die Gewichte der Organe im Zustande der guten Ernährung und des Hungers miteinander vergleichen. Darüber handeln die Versuche von Chossat[3]), Voit[3]), Kumagava[4]),

1) Magnus-Levy, a. a. O. S. 347 f.

2) Abderhalden, Lehrbuch d. physiol. Chemie, II. Aufl., S. 853. Er sagt daselbst: »Übrigens sind die Beobachtungen über die Beteiligung der einzelnen Organe und vor allem ihrer Bestandteile an Gewichtsverlust (nämlich im Hunger) sehr ungenügend und unzureichend. Wir . . . . möchten aber ausdrücklich betonen, dafs wir einem wenig sorgfältig durchgearbeiteten Gebiet gegenüberstehen. Es ist nicht daran zu zweifeln, dafs sorgfältige Untersuchungen der Verluste der einzelnen Organe an einzelnen Bestandteilen, die sich natürlich auf grofse Durchschnittswerte beziehen müssen, ganz neue Gesichtspunkte über den intermediären Stoffwechsel und vor allem über die Beziehungen der einzelnen Organe zueinander ergeben werden.«

3) Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung. 1881, S. 95 f.

4) Kumagava, Mitteil. a. d. med. Fakultät in Tokio 1897, S. 11, zit. nach Brugsch, Der Hungerstoffwechsel. Handb. der Biochemie, herausgegeben von Oppenheimer 1909, IV., S. 285.

Sedlmair[1]). Im folgenden gebe ich eine kurze Zusammenstellung der Resultate in bezug auf die gröfseren Organe.

Organ	100 g feuchtes bzw. trockenes Organ verloren an Gewicht in g					
	b. Chossat (Tauben) feucht	Voit (Katze) feucht	Voit (Katze) trocken	Kumagava (Hund) feucht fettfrei	Sedlmair (Katze) trocken I	Sedlmair (Katze) trocken II
Muskeln . . .	42	31	30	42	69,6	65,1
Leber	52	54	57	50	71,6	64,4
Nieren	—	26	21	55	57,6	53,3
Milz	71	67	63	57	73,9	74,5
Lunge	22	18	19	29	29,7	34,7
Zentralnervensystem . . .	2	3	0	22	+ 1,14	1,6
Knochen . . .	17	14	—	5	19,0	23,8
Haut	33	21	—	28	31,9	43,8
Fettgewebe . .	93	97	—	—	96,8	88,5

Die Resultate zeigen nur eine mangelhafte Übereinstimmung[2]). Es ist aber doch aus ihnen zu ersehen, dafs, vom Fettgewebe abgesehen, an der Gewichtsabnahme sich besonders stark die Leber und die Milz beteiligen, während Muskulatur und Nieren in zweiter Linie kommen. Immer weiter abnehmend ist die Beteiligung von Haut und Lungen und Knochen, während das Zentralnervensystem nur ganz unbedeutend an Gewicht zu verlieren scheint.

Von den Organuntersuchungen, die auf Stickstoffbestimmung fufsen, sind diejenigen von Seitz[3]) bereits ausführlich besprochen. Profitlich[4]) machte gleichzeitig mit anderen hier nicht interessierenden Untersuchungen Stickstoffbestimmungen der Leber und fand, dafs einer seiner Hunde nach 73tägigem Hunger eine Gesamt-

1) Sedlmair, Über die Abnahme der Organe, besonders der Knochen im Hunger. Zeitschr. f. Biol. Bd. 37 S. 25.

2) Vgl. dazu E. Voit, Die Abnahme des Skeletts und der Weichteile im Hunger. Zeitschr. f. Biol. Bd. 46 S. 167.

3) Seitz, a. a. O. Pflügers Archiv Bd. 111.

4) Profitlich, Untersuchungen über die elementare Zusammensetzung der Leber. Pflügers Archiv Bd. 119 S. 465.

stickstoffmenge in der Leber aufwies, die sich in derselben Höhe bewegte, wie die Gesamtstickstoffmenge in den Lebern von gutgenährten Tieren, die an Gewicht in mäfsigem Grade schwerer waren. Wenn auch dieser Befund mit den Versuchen von Seitz nicht direkt verglichen werden kann, weil eine Stickstoffbestimmung im übrigen Körper fehlt, so ist doch nicht zu verkennen, dafs ein erheblicher Gegensatz zu ihnen besteht. Denn zu der Annahme, dafs der prozentuale Stickstoffgehalt im übrigen Körper des Hungertieres wesentlich gröfser gewesen sei, wie in dem der gemästeten Tiere, liegt kein Anlafs vor. Die Versuche von Miescher[1]) über die Abnahme der Muskulatur des Lachses an Stickstoff während des Wachstums der Eierstöcke gehören auch hierher, können aber übergangen werden.

Es bleiben jetzt noch diejenigen Untersuchungen, die das Verhältnis von Phosphor zu Stickstoff in den Organen unter bestimmten Bedingungen festlegen. Da sind zunächst die Versuche von Wohlgemuth[2]) zu erwähnen, die an einen Befund Wakemans[3]) anknüpften, der eigentlich mehr in den vorigen Abschnitt gehörte. — Wakeman fand, dafs die Leber bei Phosphorvergiftung an relativem N-Gehalt abnimmt, wobei sich besonders der Basenstickstoff beteiligt. Wohlgemuth bestimmte nun bei Phosphorvergiftungen aufser dem Stickstoff auch den Phosphor der Leber und fand, dafs der Phosphorgehalt nicht abnahm, dafs also der Quotient von Phosphor zu Stickstoff in die Höhe ging und zwar von 0,16 : 1 auf 0,24 : 1. Ob der von Wohlgemuth gezogene Schlufs, dafs die Ursache dafür in einem relativen Intaktbleiben des nukleinreichen Anteils der Lebereiweifskörper beruhe, berechtigt ist, läfst sich so lange nicht entscheiden, als nur der Gesamtphosphor und nicht auch der Nukleinphosphor bestimmt ist. Jedenfalls aber ist damit die Möglichkeit einer Verschiebung des Organgefüges der Leber in bezug auf Phosphor

1) Miescher, a. a. O.

2) Wohlgemuth, Zur Chemie der Phosphorleber. Biochem. Zeitschr. Bd. 1 S. 161.

3) Wakeman, Über die chemische Veränderung der Leber bei der Phosphorvergiftung. Zeitschr. f. phys. Chemie Bd. 44 S. 335.

und Stickstoff erwiesen, wenn auch nur unter hochgradig pathologischen Verhältnissen.

Am wichtigsten für uns sind diejenigen Fälle gleichzeitiger Stickstoff- und Phosphoranalysen, bei denen die verglichenen Tiere sich in verschiedenem Ernährungszustand befanden. Deren gibt es nur ganz wenige. Forster[1]) untersuchte die Organe zweier Hunde, von denen der eine einem 26tägigen Salzhunger unterworfen gewesen war, während der andere normale Ernährungsverhältnisse zeigte. Er fand im ersten Falle auf Trockensubstanz berechnet in der Muskulatur 12,79 % N und 1,71 % P_2O_5, im Gehirn 6,93 % N und 3,54 % P_2O_5. Bei den gut genährten Hunden waren in der Muskulatur 13,15 % N und 1,84 % P_2O_5, im Gehirn 8,09 % N und 3,49 % P_2O_5 vorhanden. Während des Salzhungers war also der Quotient $\frac{P_2O_5}{N}$ in der Muskulatur von 1 : 7,15 auf 1 : 7,48 gefallen, während er im Gehirn von 1 : 2,32 auf 1 : 1,91 anstieg. Da Salzhunger sich mit den Verhältnissen des vollständigen Hungers nur in beschränktem Mafse vergleichen läfst, haben die Zahlen für uns nur einen bedingten Wert. Interessant ist jedenfalls, dafs trotz der einseitigen Salzentziehung der Gehalt an Phosphor im Vergleich zum Stickstoffgehalt in der Muskulatur nur unbedeutend abnahm, im Gehirn dagegen sogar anstieg.

Weit bedeutungsvoller für unsere Zwecke erscheint ein Versuch, der sich in einer ziemlich weit zurückliegenden Arbeit Kossels[2]) findet. Kossel ernährte sechs Hühner acht Tage lang reichlich mit Körnern, worauf drei derselben zur Untersuchung getötet wurden. Die anderen drei hungerten weiterhin bis zur Tötung sieben Tage. Es wurden jeweils die gleichen Organe aller drei Tiere vereinigt und an Durchschnittsproben untersucht. Die Analysen erstreckten sich neben anderem auf Gesamtstickstoff, Gesamtphosphor und Nukleinphosphor. Die Methode dieser

1) Forster, a. a. O. Zeitschr. f. Biol. Bd. 9.

2) Kossel, Zur Chemie des Zellkerns. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 7 S. 7.

letzteren Bestimmungen wird später ausführlich besprochen werden. Das Resultat war folgendes:

Tier	Organ	Auf feuchte Substanz berechnet, beträgt der Gehalt an			
		Gesamt-H_3PO_4 %	Nuklein-H_3PO_4 %	N %	somit das Verhältnis von Nukl.-P : Ges.-P %
Gut genährte Hühner	Leber	0,834	0,264	4,41	31,7
	Muskel	0,663	0,0442	4,41	6,7
Hungerhühner	Leber	1,077	0,511	4,25	47,4
	Muskel	0,838	0,0542	4,45	6,8

Soweit die Ziffern, die Kossel angibt; er zieht aus ihnen folgenden Schlufs: »Die Vorstellung, dafs das Nuklein ein ‚Reservestoff' sei, auf dessen Kosten ein hungernder Organismus lebt, mufs nach allen Versuchen als unwahrscheinlich zurückgewiesen werden.« Auf das Verhältnis von Phosphor zum Stickstoff hat er keinen besonderen Wert gelegt, weil das Ziel seiner Arbeit in anderer Richtung liegt. Für uns ist aber diese Beziehung wesentlich. Ich habe daher im folgenden die Verhältniszahlen von Phosphorsäure zu Stickstoff berechnet:

Tier	Organ	Es war vorhanden auf 100 N	
		Gesamt-H_3OP_4	Nuklein-H_3PO_4
Gut genährte Hühner	Leber	18,91	5,986
	Muskel	15,03	1,002
Hungerhühner	Leber	25,34	12,02
	Muskel	18,83	1,218

Der Quotient von Gesamtphosphor zuStickstoff stieg also bei den Hungertieren für die Leber um rund ein Drittel, für die Muskulatur um rund ein Viertel. Ganz auffallende Verschiebungen aber ergeben sich für das Verhältnis von Nukleinphosphorsäure zum Stickstoff. Während bei der Muskulatur der Anstieg dieses

Quotienten eher weniger als beim Gesamtphosphor betrug, nämlich nur etwa ein Sechstel, steigt er bei der Leber auf gut den doppelten Betrag. Damit würde eine gewaltige Verschiebung des Organgefüges der Leber erwiesen sein, was um so interessanter erschiene, wenn man daneben die Seitz'schen[1]) Versuche hält, die eine starke Aufstapelung von Eiweifs in der Leber des gemästeten Huhnes ergaben. Da somit hier hochgradige Eiweifsstapelung auf der einen Seite mit relativer Verminderung des Phosphorgehaltes, insbesondere des Nukleinphosphorgehaltes, auf der anderen Seite zusammentreffen würde, so wäre ein Ansatz von phosphorlosem Zelleinschlufseiweifs für diesen Fall sehr wahrscheinlich gemacht.

So verlockend nun diese Überlegung auch klingt, ist es doch angezeigt, ihr gegenüber zurückhaltend zu sein. Das Ergebnis der Kossel'schen Versuche beruht jederseits auf einer einfach ausgeführten Analyse. Nun bürgt zwar in diesem Falle der Name des Autors für die Zuverlässigkeit der Analysen, aber es wäre doch bedenklich, auf einem so schmalen Boden so weittragende Schlüsse aufzubauen. Die eigenen Untersuchungen, die ich mitteilen will, werden dafür eine breitere Grundlage schaffen. Sie werden gleichzeitig einem prinzipiellen Mangel aus dem Wege zu gehen suchen, der den Kossel'schen wie auch den Seitz'schen Versuchen dadurch anhaftet, dafs die analysierten Organe eine unkontrollierbare Menge Blut enthalten. Davon wird später die Rede sein.

Untersuchungen an menschlichen Organen habe ich bis jetzt noch nicht angeführt. Bekanntlich haben Dennstedt und Rumpf[2]) aufserordentlich umfangreiche Studien über die chemische Zusammensetzung des Blutes und der menschlichen Organe in der Norm und in Krankheiten gemacht. Eine so grofse Fülle von interessanten Einzelheiten nun in diesen Arbeiten auch zu finden ist, so ergibt sich doch nichts, was für unsere Zwecke zu verwerten wäre. Vor allem fehlen Stickstoffbestimmungen ganz; sie wurden nicht vorgenommen, weil die Zersetzung der Organe teilweise

1) Seitz, a. a. O. Pflügers Archiv 111.

2) Dennstedt u. Rumpf, Weitere Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Blutes und verschiedener Organe in der Norm und in Krankheiten. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 58 S. 84. — Dieselben, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 41 S. 42.

schon zu weit vorgeschritten war. Bei der Bestimmung des Phosphors wurde allerdings eine Trennung in löslichen und unlöslichen Phosphor vorgenommen. Ob aber diese Trennung wirklich zuverlässig war, kann bezweifelt werden. Rumpf und Dennstedt liefsen die Organe 24 Stunden unter kaltem Wasser stehen, kochten sie dann auf und fällten die Eiweifssubstanzen mit konzentrierter Tanninlösung In der restierenden Lösung wurde der Phosphor bestimmt und als löslicher Anteil des Gesamtphosphors bezeichnet. Es ist nicht auszuschliefsen, dafs während des Stehens der Organe oder beim Kochen derselben vorher unlöslicher Phosphor in Lösung gegangen ist, abgesehen davon, dafs dies infolge von Zersetzungsprozessen bereits innerhalb der Leiche sich vollzogen haben kann. Eine Gesetzmäfsigkeit im Verhältnis von gelöstem und ungelöstem Phosphor ist in den Zahlen der Autoren nicht zu eruieren. Auffallend ist, wieweit die maximalen und minimalen Verhältniszahlen auseinanderliegen. Im Falle Laue wurden in der Leber gegenüber 3,44 ‰ löslichem PO_4 5,68 ‰ unlöslicher P gefunden, im Falle Langbeck gegenüber 3,865 ‰ nur 0,739 ‰, also Differenzen um nicht weniger als das Achtfache, was selbst in Anbetracht dessen, dafs es sich um pathologische Fälle handelt, recht reichlich ist.

Moraczewsky[1]) hat allerdings an menschlichen Organen gleichzeitige Bestimmungen von Phosphor und N vorgenommen. Seine Zahlen sind aber entschieden unzuverlässig. Er rechnet in einer ganzen Anzahl von Fällen einen Stickstoffgehalt der Trockensubstanz aus, der über 20 % liegt. Ja sogar 54,6 % N sollen in einer Niere gefunden worden sein, während die zugehörige Leber nur 7,03 % enthielt. So kann es denn nicht wundernehmen, dafs bei 2 Fällen von Pneumonie in der Leber einmal neben 12,0 % N 0,55 % P gefunden wurden, das anderemal neben 13,5 % N 7,99 % P. Auf diese Arbeit wird man keinen grofsen Wert legen können.

Blicken wir jetzt noch einmal auf das zurück, was die mitgeteilten organanalytischen Untersuchungen früherer Autoren für die Kenntnis des Stickstoff- und Phosphorstoffwechsels und ihrer gegenseitigen Beziehungen zutage gefördert haben, so sehen wir eine Anzahl von interessanten Befunden, die sehr wohl als Illustration dafür dienen können, was alles von solchen Untersuchungen erwartet werden kann. Aber um bindende allgemeine Schlüsse zu ziehen, sind sie viel zu spärlich und lückenhaft, stellenweise auch widerspruchsvoll. Hier mit systematischen Untersuchungen einzusetzten, wird eine dankbare Aufgabe sein.

1) Moraczewsky, Die Mineralbestandteile der menschlichen Organe. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 23 S. 483.

IV.

Bei der Darstellung meiner Methodik beginne ich mit dem allgemeinen Versuchsplan, der in einigen Punkten zu begründen sein wird.

Als Versuchstiere nahm ich auf der einen Seite Hühner, weil bei diesen die auffallenden Befunde von Seitz[1]) und Kossel[2]) erhoben worden waren. Da aber von vornherein klar ist, dafs die Verhältnisse des Stoffwechsels der Vögel nicht ohne weiteres auf den Stoffwechsel der Säugetiere oder gar des Menschen übertragen werden können, war es notwendig, noch eine Säugetiergattung zu untersuchen. Ich wählte dazu den Hund, da unsere sonstigen Stoffwechselkenntnisse sich besonders auf dieses Tier beziehen.

Die Hunde waren von mittlerem Gewicht (Ausgangsgewicht 6,59 bis 13,75 kg). Stets dieselbe Rasse zu nehmen, war aus äufseren Gründen unmöglich, doch wurde darauf geachtet, dafs die Statur aller Tiere ungefähr dieselbe war. Die Hühner stammten mit Ausnahme von Huhn I und XI aus derselben Quelle und gehörten sämtlich der hierorts gewöhnlichen Rasse des Haushuhnes an. Alle Tiere waren erwachsen.

Die untersuchten Tiere befanden sich zum einen Teil im Zustand des Hungers. Es erschien mir angezeigt, zur Erzielung möglichst grofser Ausschläge die Hungerzeit nicht zu kurz zu wählen, anderseits aber der Grenze des Verhungerns noch fern zu bleiben, weil dann noch besondere Umstände obwalten konnten. Der andere Teil der Tiere mit Ausnahme einiger weniger gut genährten Hühner war im Zustand der Mast. Etwa die Hälfte der Masttiere hatte vorher eine Hungerperiode durchgemacht, um solche Mastverhältnisse zu schaffen, bei denen ein besonders rascher Ansatz zu erwarten war. Beim Hunde als Fleischfresser wurde vorwiegend Fleischmast verwendet, beim Huhn aufserdem auch die diesem mehr adäquate Mast mit vegetabilischer Nahrung.

Die Nahrungsaufnahme der Tiere wurde vor der Tötung längere Zeit kontrolliert, ebenso ihr Körpergewicht. Damit war ein hinreichend genaues Urteil über ihren Ernährungszustand gewährleistet; eine weitere Kontrolle desselben wird später noch besprochen werden. Exakte Stoffwechselbilanzen am lebenden Tiere durchzuführen, war nicht nötig, da es sich ausschliefslich um stark gegensätzliche Verhältnisse handelte, wobei ein geringes Mehr oder Weniger keine Rolle spielte. Zudem erlauben Stoffwechselbilanzen ja auch nur ein relatives Urteil und geben keinen absoluten Begriff vom Ernährungszustand. Immerhin wurde bei der Mehrzahl der hungernden Hunde die Summe des Stickstoffverlustes bestimmt und in einem Falle der Stickstoffansatz während der Mast.

1) Seitz, a. a. O. Pflügers Archiv 111.
2) Kossel, a. a. O. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 7.

Die Organe, die ich zur Untersuchung wählte, waren beim Hunde Leber, Nieren und Muskeln, beim Huhn Leber und Muskeln. Es sind das diejenigen gröfseren Organe, die nach Ausweis der oben gegebenen Tabelle während des Hungerns am meisten abnehmen. Auch für die Frage der Eiweifsstapelung in der Leber schien mir diese Versuchsanordnung richtiger zu sein als diejenige von Seitz, bei der die Leber nur mit dem übrigen Gesamtorganismus verglichen wurde. Denn bei der Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung desselben, ist es sehr wohl möglich, dafs einzelne Organe sich anders verhalten als die Gesamtheit, was natürlich in der gemeinsamen Zahl nicht zum Ausdruck kommt; besonders gilt das von denjenigen, die im Hunger ebenfalls stark abnehmen. Darüber mufs man aber Klarheit gewinnen, ehe man die Eiweifsstapelung als eine spezifische Eigenschaft der Leber ansehen kann. Zudem war es natürlich beim Hunde unmöglich, die ganze eine Hälfte des Körpers in konzentrierter Schwefelsäure zu lösen, wie es Seitz bei seinen Hühnern für die Stickstoffbestimmungen getan hat. Aus ersichtlichen technischen Gründen mufste auch darauf verzichtet werden, die Gesamtmuskulatur der Tiere zu untersuchen; es wurden vielmehr beim Huhn die gesamten, beim Hunde einzelne Beinmuskeln entnommen, von denen zu erwarten war, dafs sie wegen ihrer regelmäfsigen funktionellen Inanspruchnahme bei allen Tieren ziemlich gleichmäfsig entwickelt waren. Es durfte angenommen werden, dafs sich die Veränderungen der Gesamtmuskulatur durchschnittlich gleichmäfsig auf sie übertragen würden.

Weiterhin galt es für mich, einen Übelstand zu vermeiden, der in den Versuchen von Seitz und von Kossel eine ganz unkontrollierbare Fehlerquelle bildet. Das ist der verschiedene Gehalt der Organe an Blut. Je mehr Blut in den Organen ist, desto mehr Gesamteiweifs enthalten sie natürlich; auch das prozentuale Verhältnis des Phosphors und besonders des Eiweifsphosphors zum Stickstoff wird durch Zunahme des relativen Blutgehaltes verschoben werden, und zwar zuungunsten des Phosphors, da im Blut im Verhältnis zum Stickstoff wenig Phosphor und von diesem nur ein geringer Bruchteil Nukleinphosphor ist (nach den Zahlen von Abderhalden[1]) berechnet beim Hunde im Blut: Gesamtphosphor zum gesamten Stickstoff = 3,51 : 100, Nukleinphosphor 6,67 %). Dafs der prozentuale Blutgehalt der Leber während reichlicher Ernährung und während des Hungerns gleich sein sollte, ist schwerlich anzunehmen; Genaues darüber wissen wir nicht. Nun ist nach Ranke[2]) nicht weniger als $^1/_4$ des Gesamtblutes in der Leber enthalten, was bei einer Blutmasse von $^1/_{13}$ des Körpergewichts und einer Lebermasse von $^1/_{30}$ besagen würde, dafs mehr als die Hälfte der Lebermasse aus Blut besteht. Die Rankesche Zahl mag um ein mehrfaches zu hoch sein, so gibt sie doch eine Vorstellung davon, wie grofse Fehler durch eine Änderung des Blutgehaltes bedingt

1) Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 25 S. 65.

2) Zit. nach Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. II. Aufl. S. 128.

werden können. Der Fehler wird dann besonders grofs sein, wenn man, wie Seitz es getan hat, die Tiere nicht durch Verbluten tötet, sondern durch Eindrücken des Kopfes.

Den Blutgehalt der Organe durch Auslaugen des Blutfarbstoffes in einem aliquoten Teile zu bestimmen, erwies sich als zu kompliziert und zu ungenau. Ich habe daher den einfachsten Weg, das Blut auszuschalten, gewählt, nämlich die Organe mit physiologischer Kochsalzlösung ausgespült. Dabei ist allerdings nicht zu vermeiden, dafs geringe Reste von Blut zurückbleiben; man kann sich aber durch mikroskopische Untersuchung leicht überzeugen, dafs sie nur ganz unerheblich sind, jedenfalls, auf die Masse des Organs berechnet, nur wenige Bruchteile von einem Prozent tragen.

Eher war es möglich, dafs durch die Ausspülung etwas von den Substanzen, auf deren Bestimmung es ankam, ausgeschwemmt wurde. Das mufste festgestellt werden, wozu folgendermafsen verfahren wurde:

Ein Hund, bei dem die roten Blutkörperchen gezählt waren, wurde durch Verbluten getötet und von der Aorta her der gröfste Teil seines Gesamtblutes ausgespült. Dann wurde die Leber gesondert von der Vena portarum aus durchströmt solange, bis die ausfliefsende Lösung annähernd klar war. Darauf wurde nochmals eine Menge physiologischer Kochsalzlösung hindurchfliefsen gelassen, die ungefähr so grofs war wie diejenige, die bis dahin die Leber passiert hatte, und beim Abfliefsen wieder aufgefangen. In dieser Lösung wurde zunächst durch Zählung der roten Blutkörperchen und Vergleich mit der Zahl der roten Blutkörperchen im Hundeblut, die vorher gefunden worden war, die Menge des Blutes festgestellt, die in ihr noch enthalten war. Dann wurde die Lösung gekocht, schwach mit Essigsäure angesäuert und filtriert, im Filterrückstand der Stickstoff bestimmt. Das Filtrat wurde halbiert und auf dem Wasserbade eingedampft. In der einen Hälfte wurde die Menge des Phosphors, in der anderen die Menge des Stickstoffs ermittelt. Der Stickstoffgehalt des Filterrückstandes gab den Eiweifsgehalt der Lösung an, von dem dann der Eiweifsgehalt der errechneten Blutmenge abgezogen werden mufste. Die Bestimmungen im Filtrat ergaben die Menge des gelösten Nichteiweifsstickstoffs und Phosphors.

Da es sich bei einer eventuellen Ausschwemmung nicht um ein mechanisches Herauslösen von Leberbestandteilen handeln konnte (mikroskopisch wurden niemals etwa Leberzellen aufgefunden), sondern um einen osmotischen Prozefs, der sicher viel längere Zeit dauerte als die etwa 5—10 Minuten währende Ausspülung, so war anzunehmen, dafs bei dem zweiten Teil der Ausspülung nicht wesentlich weniger ausgeschwemmt worden war als bei dem ersten. Im Gegenteil konnte erwartet werden, dafs, solange die Spülflüssigkeit sich noch mit Blut mischte, die osmotischen Prozesse weniger intensiv wirkten als später, wo reine Kochsalzlösung hindurchflofs. Somit waren die festgestellten Stickstoff- und Phosphorzahlen als ungefähres Mafs des Ausschwemmungsverlustes anzusehen. Zur Ermittelung der Prozentzahlen wurde dann noch die Gesamtphosphor- und Stickstoffmenge der betreffenden Leber bestimmt.

Das Ergebnis war folgendes:

	Blutkörperchenzahl pro ccm im Hundeblut	Blutkörperchenzahl pro ccm im Spülwasser	Aufgefangene Spülwassermenge ccm	Berechnete Gesamt-Blutkörperchenzahl im Spülwasser	Ber. Blutmenge im Spülwasser ccm	Ber. Eiweifs-N-Menge[2]) i. Blute des Spülwassers mg
Hund I	4 780 000	495	955[1])	475 525 000	98,8	2,807
» II	6 230 000	320	1300[1])	416 000 000	66,8	1,893

	Gesamtmenge des im Spülwasser vorhandenen			
	Eiweifs-N mg	Eiweifs-N nach Abzug d. Bluteiweifses mg	Nicht-Eiweifs-N mg	gelösten P mg
Hund I . .	3,012	0,205	14,01	5,064
» II . .	1,821	— 0,072	7,846	1,839

	Bei der Leber betrugen					Somit Verlust durch die Ausspülung an		
	Organgewicht g	P-Gehalt feucht %	N-Gehalt feucht %	Gesamt-P-Menge g	Gesamt-N-Menge g	Eiweifs-N %	Nicht-eiweifs-N %	gelösten P %
Hund I	157,67	0,3113[3])	2,372[3])	0,4909	3,741	—	**0,374**	**1,032**
» II	142,69	0,3289	3,119	0,4693	4,451	—	**0,176**	**0,392**

1) Zur Ausspülung des Blutes waren verwendet worden:

	durch die Aorta	durch die Vena port.
Hund I	800 ccm	800 ccm
» II	1500 »	1150 »

2) Aus den Zahlen von Abderhalden (a. a. O.) ergibt sich ein Gehalt des Hundeblutes an Eiweifs-N = 2,841 %.

3) Das Verhältnis von Phosphor zu Stickstoff fällt mit 13,1 : 100 bei Hund I aus dem Rahmen der späteren Hauptversuche heraus. Es handelte sich aber hier um einen erst 4 Monate alten Hund, der dazu eine schwere Lungenentzündung aufwies, beides Umstände, die ihn zu einem Vergleich in diesem Punkte untauglich machen. Für die Bestimmung des Ausspülungsverlustes war das dagegen gleichgültig, vielmehr war das offenbar dem Tode nahe Tier absichtlich gewählt worden, um so noch eine Verwendung zu finden.

Es ergab sich also, dafs Eiweifs überhaupt nicht ausgespült wurde, damit natürlich auch kein an Eiweifs gebundener Phosphor. Die Verluste an gelöstem Nichteiweifsstickstoff und gelöstem Phosphor waren ebenfalls nicht beträchtlich. Dafs sie im ersten Versuche höher waren als im zweiten hängt damit zusammen, dafs die Ausspülung bei ihm unter geringerem Druck geschehen war, so dafs sie länger dauerte. Die Versuche waren in diesem Punkte absichtlich variiert worden. Die Ausspülungsgeschwindigkeit in den Hauptversuchen entsprach mehr derjenigen des zweiten Versuches. Auf alle Fälle wird man sagen können, dafs mehr als ungefähr 1 % Phosphorverlust und 0,4 % Stickstoffverlust bei der Ausspülung nicht zu befürchten sind. Das sind aber Verlustmengen, die gut in Kauf genommen werden konnten, zumal sie sich in allen Fällen ähnlich wiederholen mufsten.

Bei der Ausführung der Analysen selbst war darauf Rücksicht zu nehmen, dafs alle am frischen Material vorzunehmenden Bestimmungen möglichst bald angefangen und am ersten Tage bis zu einem Stadium gefördert werden mufsten, in dem die Analysen beim Stehenbleiben nicht mehr verdarben. Um daher die Grenze des Ausführungsmöglichen nicht zu überschreiten, wurden am frischen Material nur solche Analysen vorgenommen, die unumgänglich notwendig waren, nämlich diejenigen des Eiweifsstickstoffs und des an Eiweifs gebundenen Phosphors. Gesamtphosphor, Gesamtstickstoff und Trockensubstanz wurden am lufttrockenen Material bestimmt. Das hatte allerdings den Nachteil, dafs der Wert des Reststickstoffs nur aus der Differenz von Eiweifsstickstoff und Gesamtstickstoff berechnet werden konnte, wodurch die Genauigkeit dieses Wertes stark beeinträchtigt wird. Es wird darauf später noch zurückzukommen sein. Jedenfalls mufste ich aus zwingenden Gründen der Zeit entweder die direkte Bestimmung des Reststickstoffs oder diejenige des Eiweifsstickstoffs aufgeben. Ich wählte die erstere, weil mir der letztere Wert wichtiger war und auch bequemer bestimmt werden konnte.

Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl, der Phosphor nach der Methode der feuchten Veraschung von Neumann[1]) bestimmt, wobei nach dem Vorgange von Gregersen[2]) für die Nachfüllung statt Säuregemisch konzentrierte Salpetersäure verwendet wurde. Einige Worte sind noch über die Bestimmung des an Eiweifs gebundenen Phosphors zu sagen. Hierfür[3])

1) Neumann, Einfache Veraschungsmethode (Säuregemischveraschung) etc. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 37 S. 115 und ebenda Bd. 43 S. 32.

2) Gregersen, Über die alkalimetrische Phosphorsäurebestimmung nach A. Neumann. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 53 S. 453.

3) Kossel spricht allerdings bei seiner Methode nur vom Nuklein-P. Es ist sicher richtig, dafs dieser den überwiegenden Anteil des durch sie bestimmten P bildet. Da aber durch das Tannin sämtliche Eiweifskörper gefällt werden und das Vorkommen anderer P-haltiger Eiweifskörper als der Nukleoproteide in den Zellen wenigstens möglich ist, so schien es korrekter, allgemein von an Eiweifs gebundenem P zu reden.

ist von Kossel eine Methode ausgearbeitet worden, die am frischen Material Eiweifs- und Nukleinsubstanzen mit Salzsäure und Tannin ausfällt, dann die Salze durch verdünnte Salzsäure auswäscht und schliefslich Fett und Phosphatide durch Extraktion mit heifsem Alkohol und Äther entfernt. Ich habe mich in allem Wesentlichen an diese Methode gehalten, nur insofern eine Abänderung eintreten lassen, als ich die Vollständigkeit der Extraktion der Phosphatide dadurch zu sichern gesucht habe, dafs ich nicht nur die Ätherextraktion, sondern auch diejenige mit heifsem Alkohol im Soxhletapparat vornahm. In der Kosselschen Arbeit ist über die Methode der Extraktion nichts Näheres gesagt. Es scheint, dafs sowohl mit Alkohol wie mit Äther nur durch Auswaschen auf dem Filter extrahiert wurde. Die Vollständigkeit der Extraktion habe ich wie auch Kossel mehrfach durch Untersuchung der letzten Portion der verschiedenen Waschflüssigkeiten kontrolliert.

Da in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten angegeben worden ist, dafs bei Einwirkung von Säuren, allerdings in gröfserer Konzentration als sie hier verwendet wurde, Nukleinphosphor in Lösung geht (vgl. Macallum[1]), Plimmer[2])), erschien es mir wünschenswert, diesen Punkt nachzuprüfen. Ich stellte mir Lebernukleoproteid nach Wohlgemuth[3]) dar, reinigte das Präparat nochmals und wusch es in Quantitäten, die nach ihrem Nukleinphosphorgehalt ungefähr der in den Leberanalysen durchschnittlich verwandten Organmenge entsprachen, mit Tannin und $1^1/_2$ l verdünnter Salzsäure aus. Im Filtrat waren nur Spuren von Phosphor nachweisbar, die bei der grofsen Schwierigkeit der völligen Reindarstellung solcher Präparate wahrscheinlich noch aus Verunreinigung stammten.

Die Methode ergab mir denn auch befriedigende, meist sogar recht gute Resultate. Nur die Bestimmung des an Eiweifs gebundenen Phosphors in der Muskulatur machte Schwierigkeiten, weil die absolute Menge des Phosphors um die es sich bei der Einhaltung der Kosselschen Vorschriften handelte, so gering waren, dafs sie unterhalb der Grenze lagen, bis zu der die Neumannsche Phorphorbestimmung noch genaue Resultate ergibt. Diese Grenze liegt nämlich nach Wörner[4]) bei 6—8 mg P_2O_5, während es sich hier nur um Mengen von 3—5 mg handelte. Ich habe daher bei einem Teil der Versuche den Eiweifsphosphor in der Muskulatur nicht bestimmt.

1) Macallum, Die Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie in der biologischen Forschung. Ergebn. d. Physiol. 1908, Bd. 7 S. 552.

2) Plimmer u. Scott, Journ. of the chemical Soc. vol. 93/94 p. 1699. Oct. 1908.

3) Wohlgemuth, Über das Nukleoproteid der Leber. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 42 S. 519.

4) Wörner, Zur Bestimmung der Phosphorsäure in Nahrungsmitteln. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genufsmittel Bd. 15 S. 732.

Das Verfahren im Einzelversuch stellte sich folgendermafsen dar:

Das gewogene Tier wurde durch Verbluten getötet, was bei den Hunden durch Einbinden einer Kanüle in die Arteria femoralis, bei den Hühnern durch Halsschnitt geschah. Alsdann wurde die Ausspülung vorgenommen. Bei den Hunden liefs ich zunächst unter hohem Druck $1^1/_2$—2 l 0,85proz. Kochsalzlösung in die absteigende Brustaorta einfliefsen, dann wurde die Leber herausgenommen und von der Vena portarum aus unter zirka 70 bis 80 cm Wasserdruck so lange ausgespült, bis das abfliefsende Spülwasser keine deutliche Färbung mehr aufwies. Dazu sind je nach der Gröfse der Leber 1—2 l erforderlich. Die Nieren bedurften zur Ausspülung je etwa 200 bis 300 ccm unter hohem Druck. Schliefslich wurden die Beine von der Arteria femoralis aus mit je 300—500 ccm der Lösung durchspült. Bei den Hühnern wurde erst die ganze untere Körperhälfte von der Aorta her so lange ausgespült, bis das Spülwasser annähernd klar abflofs, was maximal etwa 1 l Lösung erfordert. Dann wurde die Leber entfernt und mit etwa 300 bis 500 ccm durchspült; hierbei war es nötig, die einzelnen Äste der Pfortader gesondert aufzusuchen.

Zur Untersuchung der Muskulatur wurden bei den Hunden beiderseits (mit Ausnahme von Hund I und V, wo nur eine Seite verwendet wurde) je Musculus tibialis anticus, extensor digitorum pedis longus und gastrocnemius entnommen, bei den Hühnern die gesamte Muskulatur des linken Ober- und Unterschenkels. Leber und Niere wurden von Bindegewebe usw. gereinigt, bei den Muskeln wurden auch die frei verlaufenden Sehnen entfernt. Nach genauer Feststellung des Gewichts wurden die Organe mit dem Wiegemesser zerhackt, wobei zur Vermeidung von Verdunstung möglichst rasch verfahren wurde. Von dem Organbrei wurden jeweils hintereinander zweimal zirka 6—15 g für die Bestimmung des an Eiweifs gebundenen Phosphors abgewogen, dann zweimal 2—5 g für die Bestimmung des Eiweifsstickstoffs, während eine Portion von mindestens 5—10 g, bei den grofsen Organen meist 50—100 g zur Trocknung verwendet wurden. Bei allen etwaigen Pausen wurde das Material luftdicht verschlossen auf Eis gestellt.

Zur Bestimmung des an Eiweifs gebundenen Phosphors wurde folgendermafsen verfahren: Das gewogene Material wird mit etwa 1 ccm 10proz. Tanninlösung versetzt, dann mit etwa $^2/_3$ seiner Menge 5proz. Salzsäure. Nach guter Vermischung kommt es auf ein aschefreies Faltenfilter von $12^1/_2$ cm Durchmesser und wird mit $1^1/_2$ l 1proz. Salzsäure, der noch einige Tropfen Tanninlösung zugesetzt sind, ausgewaschen. Zur Nachfüllung der Spülflüssigkeit bedient man sich mit Vorteil grofser Tropftrichter, deren Abflufs so geregelt wird, dafs der Organbrei gerade mit Flüssigkeit bedeckt ist. Wie die oben erwähnten Kontrollproben ergaben, wird durch diese Art der kontinuierlichen Auswaschung die Vollständigkeit der Extraktion nicht beeinträchtigt. Zum Schlusse wird dreimal mit Alkohol ausgewaschen und das Filter in einen Soxhletapparat gebracht, der mit absolutem Alkohol aufgefüllt wird. In diesem Zustande können die Analysen stehen bleiben. Am

nächsten oder übernächsten Tage wird im Soxhletapparat 10—12 Stunden mit siedendem Alkohol extrahiert, dann der Alkohol durch Äther ersetzt und dreimal 24 Stunden mit Äther extrahiert. Im Rückstand wird der Phosphor bestimmt.

Zur Bestimmung des Eiweifsstickstoffs wurde das Material mit etwa der zehnfachen Menge physiologischer Kochsalslösung versetzt, aufgekocht und vorsichtig mit Essigsäure angesäuert, dann auf ein stickstofffreies Filter gebracht. Nach Auswaschung mit etwa 200 ccm warmen schwach essigsäurehaltigen Wassers und dreimaligem Auswaschen mit Alkohol und Äther wurde im Filterrückstand der Stickstoff nach Kjeldahl bestimmt.

Die zur Trocknung bestimmte Portion wurde nach folgender Methode weiter behandelt[1]): Sie wird in einer mit Glasstab versehenen Schale, deren Gewicht bekannt ist, gewogen, mit Alkohol übergossen, durchgerührt und bei zirka 70 ° auf dem Wasserbade unter öfterem Umrühren getrocknet. Meist ist es notwendig, den Alkohol ein- bis zweimal zu erneuern, ehe die Trocknung hinlänglich ist. Nach erneuter Wägung der Schale wird der Trockenrückstand in einer Porzellanreibschale möglichst fein zerkleinert. In Portionen dieses lufttrockenen Präparates wurde einmal die absolute Trockensubstanz durch Erhitzen im Wägegläschen auf 105 ° bestimmt, dann Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff, letzteres beides in Doppelanalysen.

Zur Berechnung des so gewonnenen Zahlenmaterials ist noch einiges zu sagen. Es empfahl sich, alle Werte auf Prozentgehalt der absoluten Trockensubstanz auszurechnen, da das feuchte Gewicht der Organe durch Wasseraufnahme bei der Ausspülung verändert sein konnte. Immerhin wurden zum Vergleich mit den Zahlenangaben anderer Autoren die prozentualen Werte auch auf die feuchte Substanz berechnet, namentlich in Anbetracht des Umstandes, dafs die Wasseraufnahme durch das Fehlen des Blutes ausgeglichen sein konnte. Bemerkt mufs noch werden, dafs in einzelnen Fällen Analysen frischer Substanz verloren gingen, ohne dafs eine Ersatzanalyse eingefügt werden konnte, da das Material nicht mehr frisch genug war. Für diese Fälle wurden in der Regel sowohl bei der Eiweifsphosphor- als bei der Eiweifsstickstoffbestimmung die Spülflüssigkeiten aufgehoben, die dann eingedampft und analysiert wurden. Durch Subtraktion von den in der lufttrockenen Substanz bestimmten entsprechenden Gesamtwerten konnte dann derjenige der fehlenden Analyse ausgerechnet werden. Nur in ganz seltenen Fällen standen trotz dieser Vorsichtsmafsregeln für die Berechnung keine Doppelanalysen zur Verfügung. Aus den Prozentzahlen und dem Organgewicht konnten alle übrigen uns interessierenden Werte ohne Schwierigkeit ausgerechnet werden. Zu bemerken ist nur noch, dafs ich alle Phosphorzahlen auf das reine Element und nicht auf P_2O_5 berechnet habe; es schien mir das angemessener, wo es sich hier haupt-

1) Vgl. dazu Hoppe-Seyler-Tierfelder, Handb. der physiol. und pathol.-chemischen Analyse. 7. Aufl. S. 572.

sächlich um Vergleiche mit dem nur in der Form des Elements ausrechenbaren Stickstoff handelte. Alle Vergleichszahlen wurden einheitlich so berechnet, dafs die durchschnittlich gröfsere der verglichenen Zahlen gleich 100 gesetzt wurde.

V.

Im folgenden gebe ich zunächst eine Übersicht meiner Versuchstiere und ihres Ernährungszustandes, nach letzterem geordnet.

a) Hunde.

a) Gemästete Tiere. Die drei ersten Tiere wurden einseitig mit Fleisch gemästet, während die folgenden drei mit mäfsigen Fleischmengen unter Hinzufügung reichlicher Mengen von Fett und Kohlehydraten gefüttert wurden. Das verfütterte Fleisch war Pferdefleisch, das von gröberen Fett- und Bindegewebsmassen gereinigt war und vor der Verfütterung gekocht wurde. Wasser wurde ebenso wie in den Hungerversuchen nach Belieben gereicht.

Es sind tabellarisch angegeben die Körpergewichtszahlen, Nahrung, Stickstoff- und Kalorienzufuhr, absolut und pro kg des Durchschnittsgewichts der jeweiligen Periode. Die Körpergewichte wurden vor der Nahrungsaufnahme festgestellt, mit Ausnahme der in der Minderzahl befindlichen männlichen Tiere im katheterisierten Zustand. Die Menge des Darminhaltes ist nicht abgezogen, aber meistens bestimmt worden. Die Nahrung wurde gegen 1 Uhr mittags verabreicht, die Tötung der Tiere geschah gegen 11 Uhr vormittags.

I. Weifser kurzhaariger Foxterrier, männlich. Hier wurde versucht, die Stickstoffzufuhr zum Schlusse unter Reduktion der übrigen Nahrungsmittel einseitig in die Höhe zu treiben, was zunächst einen zeitweiligen Verlust an Körpergewicht zur Folge hatte, der aber später wieder ausgeglichen wurde. Darminhalt 80 g.

Datum	Körpergewicht	Nahrungszusammensetzung p. d. in g			Kalorienzufuhr p. d.		N-Zufuhr p. d.	
	kg	Fleisch	Reis	Schmalz	absolut	pro kg Körperg.	absolut	pro kg
8. IV. 09	12,1	500	150	50	1547	120,8	17,0	1,33
18. » »	13,5	800	—	42	1284	96,2	27,2	2,04
30. » »	13,2	1000	—	—	1120	83,9	34,0	2,55
1. V. »	13,5							

II. Gelber langhaariger Schäferhund, weiblich. Das Tier wog am 4. IX. 09 10,1 kg, hungerte vom 5.—23. IX., nahm in dieser Zeit an Gewicht ab bis 7,65 kg und wurde dann mit reiner Fleischnahrung gefüttert, wobei es gelang, annähernd das Anfangsgewicht wieder zu erhalten. Darminhalt 101 g.

Datum	Körpergewicht kg	Nahrungszusammensetzung p. d. in g			Kalorienzufuhr p. d.		N-Zufuhr p. d.	
		Fleisch	Reis	Schmalz	absolut	pro kg Körperg.	absolut	pro kg
23.IX.09	7,65	400	—	—	448	57,4	13,6	1,74
25. » »	7,98	500	—	—	560	69,4	17,0	2,11
26. » »	8,16	600	—	—	672	81,8	20,4	2,48
27. » »	8,27	700	—	—	784	92,6	23,8	2,81
30. » »	8,67	800	—	—	896	99,8	27,2	3,03
7. X. »	9,30	900	—	—	1008	107,8	30,6	3,27
8. » »	9,40	1000	—	—	1120	117,2	34,0	3,56
13. » »	9,73							

III. Schwarzweifser Foxterrier, weiblich. Wiegt am 6. IX. 09 8,20 kg, hungert bis zum 22. IX. und nimmt dabei bis auf 6,14 kg ab. Auch hier fand einseitige Fleischmast statt, die zunächst zu sehr erheblicher Höhe durchgeführt werden konnte, dann wegen schlechterer Nahrungsaufnahme des Tieres etwas reduziert werden mufste. Trotzdem nahm das Körpergewicht des Tieres, nachdem es eine Zeitlang konstant geblieben war, weiter zu und näherte sich zum Schlusse dem Anfangsgewicht. Darminhalt 36 g.

Datum	Körpergewicht kg	Nahrungszusammensetzung p. d. in g			Kalorienzufuhr p. d.		N-Zufuhr p. d.	
		Fleisch	Reis	Schmalz	absolut	pro kg Körperg.	absolut	pro kg
22.IX.09	6,14	400	—	—	448	73,3	13,6	2,23
25. » »	6,12	500	—	—	560	90,8	17,0	2,75
26. » »	6,22	600	—	—	672	107,7	20,4	3,27
27. » »	6,27	700	—	—	784	122,5	23,8	3,72
30. » »	6,53	800	—	—	896	129,5	27,2	3,93
7. X. »	7,31	900	—	—	1008	137,9	30,6	4,19
9. » »	7,32	1000	—	—	1120	153,4	34,0	4,66
10. » »	7,28	500	—	—	560	76,8	17,0	2,33
12. » »	7,30	600	—	—	672	92,3	20,4	2,80
13. » »	7,27	700	—	—	784	107,7	23,8	3,27
14. » »	7,30	800	—	—	896	120,6	27,2	3,66
18. » »	7,56							

IV. Langhaariger schwarzer Spitz, ♀ Wiegt am 28. X. 09 7,92 kg, hungert einen Tag und wird dann gleichmäfsig mit mäfsiger Fleischmenge gefüttert, der soviel Fett zugefügt wurde, als das Tier irgend zu sich nehmen wollte. Die Gewichtszunahme war recht beträchtlich. Gegen Ende der Mästung war offenbar ein Maximum erreicht, da eine weitere Zunahme nicht mehr erzielt werden konnte und das Tier nicht mehr zur Aufnahme derselben grofsen Fettdosis bewogen werden konnte wie vorher. Die Stickstoffeinnahme belief sich auf 303,40 g, die Ausgabe im Harn auf 260,08 g, im Kot auf 8,40 g, im ganzen auf 268,48 g, sodafs eine Stickstoffretention von 34,92 g stattgefunden hatte. Darminhalt 126,5 g.

Datum	Körpergew. kg	N-Bilanz	Nahrungszusammensetzung p. d. in g			Kalorienzufuhr p. d.		N-Zufuhr p. d.	
			Fleisch	Reis	Schmalz	absolut	pro kg Körperg.	absolut	pro kg
29. X. 09	7,74								
1. XI. »	7,92	+ 6,85	400	—	83	1216	155,2	13,6	1,74
7. » »	8,51	+11,55	400	—	125	1603	195,2	13,6	1,66
11. »	9,22	+ 4,46	400	—	150	1834	207,0	13,6	1,53
14. » »	9,54	+ 9,64	400	—	175	2065	220,1	13,6	1,45
20. » »	9,67	+ 2,42	400	—	75	1141	118,8	13,6	1,42

V. Schwarzer langhaariger Schäferhund, männlich. Das Tier, das am 9. I. 09 13,75 kg wog, machte zunächst zu anderen Zwecken eine Periode unzureichender Ernährung durch, so dafs das Gewicht stark abnahm. Dann ging es unter Zufuhr von mittleren Fleisch- und grofsen Fett- und Kohlehydratabgaben rasch in die Höhe, so dafs das Endgewicht erheblich höher war als das Anfangsgewicht.

Datum	Körpergewicht kg	Nahrungszusammensetzung p. d.			Kalorienzufuhr p. d.		N-Zufuhr p. d.	
		Fleisch	Reis	Schmalz	absolut	pro kg Körperg.	absolut	pro kg
3. II. 09	11,5							
6. » »	11,9	600	50	150	2233	190,9	20,4	1,74
11. » »	12,6	600	100	150	2408	196,4	20,4	1,66
9. III. »	15,95	600	100	200	2870	201,3	20,4	1,43
10. » »	16,0	1000	100	200	3430	214,8	37,4	2,34

VI. Langhaariger Pinscher, männlich. Wiegt am 16. XII. 08 6,59 kg., bekommt bis zum 22. XII. täglich im Durchschnitt 414 g Pferdefleisch, 61 g Reis und 28 g Schweineschmalz = 936 Kal. p. d., 14,1 g N p. d., 130,5 Kal. pro kg Körpergewicht, 1,97 g N pro kg Körpergewicht. Gewicht am 22. XII. 7,75 kg. Bei diesem Tier wurde die Muskulatur nicht untersucht und der an Eiweifs gebundene Phosphor nicht bestimmt.

b) Hungertiere.

Tier	Hungerzeit	Gewicht		Gewichtsabnahme	N-Ausscheidung		Darminhalt
		Anfang kg	Ende kg	%	toto	p. d.	g
VII. Langhaariger gelber Schäferhund, ♂ . .	13. — 26. III. 09	9,65	7,15	26	—	—	—
VIII. Schwarz,kurzhaarig, im Habitus ähnlich, Foxterrier, ♀. Am 29. IV. Gew. 13,35 kg	3. — 22. V. »	13,30	10,06	24	58,18	3,06	18
IX. Foxterrier, ♀. . .	6. — 22. X. »	7,55	5,65	25	41,3	2,58	21
X. Spitz, schwarz, langhaarig, ♀	20. XI. - 11. XII.	7,17	4,95	31	55,9	2,67	23

B. Hühner.

a) Gefütterte Tiere. Diese zerfallen in drei Gruppen. Der eine Teil erhielt Hafer. Diese Tiere nahmen an Gewicht nicht zu, da das Futter offenbar wenig bekömmlich war. Eine zweite Gruppe wurde mit aufgebrühtem Maisschrot ernährt, dem Milch und etwas Grünfutter zugesetzt war. Diese Tiere nahmen sehr erheblich an Körpergewicht zu. Der dritte Anteil endlich wurde nach dem Vorausgang von Seitz[1]) mit gekochtem Kabliaufleisch ernährt, wobei die aufgenommene Menge festgestellt wurde, was bei den anderen Ernährungsarten nicht gut angängig war. Es gelang mir, die von Seitz angegebene Menge von 120 g pro die teilweise erheblich zu überschreiten. Die Tiere gediehen mit einer Ausnahme bei dieser Fütterung recht gut, nahmen aber an Körpergewicht, ebenso wie bei Seitz, nur mäfsig zu. Das Körpergewicht wurde nur im lebenden Zustande festgestellt, nicht auch, wie von Seitz, im gerupften, da die Ausspülung, die ja das Gewicht der Tiere ändern mufste, sofort nach dem Tode vorgenommen werden mufste. Der Kropf war mit wenigen Ausnahmen leer. Sein eventueller Inhalt wurde vom Lebendgewicht abgezogen, dagegen nicht der Darminhalt.

1. Mit Hafer gefütterte Tiere.

Huhn I. Gewicht am 11. V. 09 1,344 kg, geht infolge ungenügenden Fressens am 15. V. bis auf 1,109 kg zurück und steigt bis zur Tötung am 5. VI. wieder auf 1,355 kg.

1) Seitz, a. a. O. Pflügers Archiv 111.

Huhn II. Wiegt am 19. VI. 09 1,445 kg, bei der Tötung am 26. VI. 1,420 kg.

2. Mit Maisschrot und Milch gefütterte Tiere. Die Lebern derselben waren zum Teil enorm grofs und stark fetthaltig.

Huhn III. Wiegt am 19. VI. 09 1,207 kg, wird zunächst mit Hafer gefüttert und wiegt am 26. VI. 1,175 kg; von da ab Maisschrotfütterung, Gewicht vor dem Tode am 17. VII. 1,450 kg.

Huhn IV. Wiegt unter denselben Fütterungsbedingungen wie Huhn III am 19. VI. 09 1,125, am 26. VI. 1,175, am 17. VII. 1,385 kg. Die Organe von Huhn III und IV wurden gemeinsam verarbeitet.

Huhn V. Gewicht am 2. IX. 09 1,335 kg. Das Tier hungert bis zum 12. IX., wo das Gewicht 1,132 kg beträgt, wird dann mit Maisschrot gemästet. Endgewicht am 29. IX. 1,665 kg.

Huhn VI. Gewicht unter den gleichen Bedingungen wie bei Huhn V am 2. IX. 1,364, am 12. IX. 1,197, am 29. IX. 1,389 kg.

3. Mit Fischfleisch gefütterte Tiere.

Huhn VII. Wiegt am 6. VII. 09 1,250 kg, frifst täglich 140 g Kabliaufleisch, wiegt am 24. VII. 1,385 kg.

Huhn VIII. Wiegt am 6. VII. 09 1,160 kg, wird 6 Tage lang täglich mit 120 g Fischfleisch gnstopft. Da das Tier sehr elend wurde, mufste vom 12. VII. ab eine Hungerperiode von 4 Tagen eingeschaltet werden; dann wurde wieder Fischfleisch zugeführt, im Durchschnitt der letzten 6 Tage täglich 120 g. Endgewicht am 24. VII. 1,165 kg.

Huhn IX. Gewicht am 2. IX. 09. 1,309 kg. Das Tier hungert bis zum 12. IX. und wiegt dann 1,022 kg. Von da ab Fütterung mit Fischfleisch, dessen Quantum von 120 g allmählich bis auf 220 g pro die gesteigert werden konnte. Endgewicht am 7. X. 1,187 kg.

Huhn X. Gewicht unter denselben Bedingungen wie bei Huhn IX am 2. IX. 09 1,071 kg, am 12. IX. 0,882 kg, am 7. X. 1,041 kg. Huhn IX und X wurden gemeinsam verarbeitet.

b) Hungertiere.

Huhn XI. Wiegt am 11. V. 1,447 kg, wird zunächst mit Hafer gefüttert und wiegt am 12. VI. 1,440 kg. Von da ab hungert es und wiegt vor der Tötung am 19. VI. 1,118 kg.

Huhn XII. Gewicht am 19. VI. 09 1,460 kg. Trotz Haferfütterung bis zum 26. VI. Gewichtsabnahme bis auf 1,220 kg. Von da ab Hunger und Endgewicht am 3. VII. 0,991 kg.

Huhn XIII. Wiegt am 19. VI. 09 1,245 kg unter Haferfütterung am 3. VII. 1,250 kg, von da ab hungert es und wiegt vor der Tötung am 12. VII. 1,030 kg.

Huhn XIV. Wiegt unter denselben Bedingungen wie Huhn XIII am 19. VI. 1,579 kg, am 3. VII. 1,520 und am 12. VII. 1,235 kg. Huhn XIII und Huhn XIV wurden zusammen verarbeitet.

Huhn XV. Gewicht am 2. IX. 09 1,209 kg, am Ende der 10tägigen Hungerperiode am 12. IX. 0,890 kg.

Huhn XVI. Gewicht unter denselben Bedingungen wie Huhn XV am 3. IX. 1,167 kg, am 12. IX. 0,869 kg. Huhn XV und XVI werden wiederum zusammen verarbeitet.

Die Versuchsresultate habe ich in einer Generaltabelle zusammengestellt. In ihr sind diejenigen Zahlen enthalten, welche in erster Linie aus den Analysen zu errechnen waren, nämlich der Prozentgehalt der Organe an lufttrockner und absolut trockner Substanz, dann der Prozentgehalt an Gesamtstickstoff, Eiweifsstickstoff, Gesamtphosphor und Eiweifsphosphor, und zwar alle vier Werte bezogen sowohl auf feuchte, wie auf absolut trockne Substanz. Hinzugefügt wurden noch die Organgewichte[1]) und die berechneten Totalmengen des in dem einzelnen Organe enthaltenen Gesamtstickstoffs und Eiweifsstickstoffs. Die Analysenbelege finden sich im Anhang.

Die absolute Höhe der in der Generaltabelle enthaltenen Zahlen interessiert uns verhältnismäfsig wenig, da wir das Hauptgewicht auf die Verhältnisse der einzelnen Werte zueinander zu legen haben werden. Besonders Stickstoff und Trockensubstanzgehalt können zunächst übergangen werden. Doch wird

[1]) Die Nieren wurden nur zusammen gewogen. Die Organgewichtszahlen der Tabelle sind das Gesamtgewicht beider. Die Muskeln beim Hunde wurden für jede Seite einzeln gewogen. Die Organgewichte der Tabelle sind das Durchschnittsgewicht der betreffenden Muskulatur einer Seite. Beim Huhn beziehen sich die Gewichtszahlen auf die gesamte Muskulatur des linken Ober- und Unterschenkels.

es angezeigt sein, wenigstens auf die Prozentzahlen des Phosphorgehaltes mit einigen Worten einzugehen, da über diesen bisher nicht besonders viele Beobachtungen vorliegen. Ich vergleiche meine Zahlen mit einigen derselben. Bei den blutreichen Organen war es besonders interessant, die auf Trockensubstanz bezogenen Prozentzahlen mit solchen unter den früheren Bestimmungen zu vergleichen, bei denen ebenfalls das Blut entfernt worden war, wodurch, wie oben ausgeführt worden ist, eine relative Erhöhung des Phosphorgehaltes gegenüber den bluthaltigen Organen eintritt. Solche Bestimmungen finden sich bei Krüger[1]). Dieser Autor prefste Lebern durch Leinentücher, wobei nur die Zellen das Tuch passierten und das Bindegewebe zurückblieb. Die Zellen wurden dann durch Auswaschen vom Blute befreit. Die Werte Krügers sind in der Tat den meinen recht ähnlich, nur etwas höher, was, abgesehen von dem Unterschied zwischen Rind und den von mir untersuchten Tieren, besonders daher kommen mag, daß außer dem Blut eben auch das Bindegewebe in seinen Untersuchungen entfernt worden war, wodurch der relative Phosphorgehalt weiterhin ansteigen mufste. In den Zellen der Ochsenleber war der Phosphorgehalt, auf Trockensubstanz berechnet, schwankend zwischen 1,06—1,53, im Mittel 1,30%, in den Zellen der Kuhleber 1,13—1,42, im Mittel 1,29%, in den Leberzellen des erwachsenen Menschen 1,05—1,48, im Mittel 1,28%. Meine Werte sind für die Lebern der gemästeten Hunde 1,015—1,103, für die der Hungerhunde 1,080—1,273; für die Lebern der gemästeten Hühner 0,4589—1,253 (wobei die niedrigen Zahlen bei den stark fetthaltigen Lebern gefunden sind), für die der Hungerhühner 1,291—1,335%.

Die auf feuchte Substanz bezogenen Prozentzahlen werden durch die Ausspülung des Blutes nicht erhöht, eher herabgesetzt, da an Stelle des doch immerhin etwas Phosphor enthaltenden Blutes eine phosphorfreie Flüssigkeit tritt. So liegen die von Kossel für den Phosphorgehalt seiner Hühnerlebern

1) Krüger, Über den Schwefel- und Phosphorgehalt der Leber- und Milzzellen in verschiedenen Lebensaltern. Zeitschr. f. Biol. Bd. 31 S. 400.

General-

Tier	Organ	Gehalt an luftrockn. Substanz %	Gehalt an absolut trockn. Substanz %	Prozentgehalt an Gesamt-N feucht	Prozentgehalt an Gesamt-N absol. trocken	Prozentgehalt an Ei- feucht
Hund I	Leber	28,92	26,39	2,89	10,96	2,50
	Nieren	17,58	16,24	2,05	12,63	1,75
	Muskeln (Tibial. antic., Extens. digit. ped. u. Gastrocnem. long. ein. Seite)	24,90	23,09	3,13	13,54	2,64
Hund II	Leber	29,61	27,34	2,88	10,57	2,59
	Nieren	18,36	16,98	2,07	12,21	1,77
	Muskeln	25,59	23,65	3,24	13,70	2,75
Hund III	Leber	28,27	25,63	2,80	10,91	2,52
	Nieren	17,13	15,45	1,86	12,05	1,60
	Muskeln	26,53	24,21	3,26	13,48	2,80
Hund IV	Leber	25,76	23,53	2,61	11,08	2,29
	Nieren	18,86	17,29	2,13	12,34	1,75
	Muskeln	28,07	25,82	2,21	12,44	2,82
Hund V	Leber	28,03	24,97	2,50	10,01	2,20
	Nieren	18,65	17,22	—	—	1,59
	Muskeln	24,96	23,02	3,08	13,39	2,50
Hund VI	Leber	28,95	26,71	2,68	10,04	2,32
	Nieren	19,08	18,03	2,11	11,73	1,74
Hund VII	Leber	26,92	24,89	3,13	12,57	2,75
	Nieren	19,38	18,12	2,20	12,15	1,95
	Muskeln	23,95	22,02	3,04	13,81	2,65
Hund VIII	Leber	27,01	25,04	3,09	12,32	2,82
	Nieren	20,73	19,24	2,14	11,13	1,85
	Muskeln	25,41	23,36	3,11	13,30	2,79
Hund IX	Leber	28,64	25,97	3,40	13,09	3,03
	Nieren	22,30	19,31	2,32	12,01	2,01
	Muskeln	25,87	22,47	3,29	14,63	2,82

1) Die Zahlenwerte sind hier ebenso wie in den anderen Tabellen schahen bei den Organen auf Zentigramm, bei den P- und N-Analysen auf Logarithmen ausgeführt. Im Text der Arbeit sind die genaueren Zahlen be-

tabelle.[1])

gehalt weifs-N	Prozentgehalt an Gesamt-P		Prozentgehalt an Eiweifs-P		Organgewicht		Gesamtgewicht des in d. Organen enthaltenen	
trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht g	trocken g	Gesamt-N g	Eiweifs-N g
9,44	0,268	1,01	0,080	0,302	449,8	118,7	13,02	11,23
10,76	0,200	1,23	0,051	0,317	76,7	12,4	1,57	1,34
11,45	0,187	0,81	0,019	0,083	73,0	16,9	2,29	1,93
9,49	0,294	1,08	0,081	0,295	372,1	101,7	10,75	9,65
10,44	0,200	1,18	0,054	0,315	68,8	11,7	1,43	1,22
11,62	0,189	0,80	—	—	50,8	12,0	1,64	1,39
9,85	0,283	1,10	0,082	0,320	274,8	70,4	7,68	6,94
10,35	0,189	1,22	0,054	0,347	78,8	12,2	1,47	1,23
11,56	0,174	0,72	—	—	41,7	10,1	1,36	1,17
9,75	0,257	1,09	0,071	0,302	345,2	81,2	9,00	7,92
10,13	0,201	1,16	0,054	0,313	64,4	11,1	1,37	1,13
10,94	0,188	0,73	—	—	47,1	12,2	1,51	1,33
8,83	0,275	1,10	—	—	545,6	136,3	13,63	12,03
9,22	—	—	—	—	81,0	13,9	—	1,29
10,88	0,180	0,78	—	—	96,2	22,1	2,97	2,41
8,68	0,269	1,08	—	—	281,9	75,3	7,56	6,54
9,67	0,209	1,16	—	—	49,7	9,0	1,05	0,87
11,05	0,310	1,24	0,097	0,391	187,5	46,7	5,86	5,16
10,76	0,205	1,13	0,060	0,330	38,3	6,9	0,84	0,75
12,02	0,175	0,79	0,024	0,107	42,2	9,3	1,28	1,12
11,27	0,296	1,18	0,090	0,361	198,1	49,6	6,11	5,59
9,62	0,210	1,10	0,052	0,270	54,0	10,4	1,16	1,00
11,93	0,190	0,81	0,016	0,070	53,9	12,6	1,67	1,50
11,66	0,331	1,27	0,105	0,404	157,7	40,9	5,36	4,78
10,41	0,212	1,10	0,065	0,336	35,2	6,8	0,82	0,71
12,56	0,172	0,76	—	—	28,2	6,3	0,93	0,80

nach Ausführung der Berechnungen aufgerundet. Die Wägungen ge- Zehntelmilligramm. Die Berechnungen sind auf die Genauigkeit fünfstelliger lassen worden.

Fortsetzung der

Tier	Organ	Gehalt an luftt rockn. Substanz %	Gehalt an absolut trockn. Substanz %	Prozentgehalt an Gesamt-N feucht	Gesamt-N absolut trockn.	Prozentgehalt an Ei- feucht
Hund X	Leber	30,32	28,65	2,87	10,00	2,56
	Nieren	20,49	19,18	2,20	11,45	1,90
	Muskeln	26,97	24,80	3,23	13,04	2,73
Huhn I	Leber	23,22	21,30	1,86	8,73	1,68
	Muskeln (l. Bein)	26,55	24,12	3,41	14,14	3,03
Huhn II	Leber	25,53	23,05	2,43	10,55	2,16
	Muskeln	26,27	23,63	3,28	13,89	2,97
Huhn III u. IV	Leber	33,26	31,55	1,87	5,94	1,62
	Muskeln	26,21	23,73	3,09	13,05	2,72
Huhn V	Leber	44,70	42,59	1,63	3,83	1,46
	Muskeln	28,31	25,51	3,32	13,00	2,93
Huhn VI	Leber	33 32	29,50	2,36	8,00	2,10
	Muskeln	28,60	25,40	3,22	12,69	2,83
Huhn VII	Leber	32,77	29,45	3,94	13,40	3,34
	Muskeln	26,46	23,73	3,42	14,41	2,91
Huhn VIII	Leber	30,17	27,35	3,71	13,57	3,07
	Muskeln	26,99	24,21	3,24	13,38	—
Huhn IX u. X	Leber	28,79	25,32	2,98	11,76	2,70
	Muskeln	27,05	23,12	3,42	14,80	2,99
Huhn XI	Leber	23,29	20,86	2,56	12,28	2,19
	Muskeln	25,24	23,74	3,31	13,92	2,79
Huhn XII	Leber	25,10	22,06	2,79	12,67	2,51
	Muskeln	25,31	22,36	3,03	13,54	2,69
Huhn XIII und XIV	Leber	14,87	13,26	1,61	12,13	1,42
	Muskeln	26,21	23,22	3,32	14,31	2,81
Huhn XV und XVI	Leber	27,42	23,47	3,12	13,32	2,69
	Muskeln	25,69	21,40	3,26	15,21	2,79

gefundenen Zahlen ungefähr im Rahmen der meinigen. Kossel fand für die gemästeten Hühner 0,2640 % [1]) Phosphor in der

1) Umgerechnet. Bei Kossel sind die Zahlen auf H_3PO_4 berechnet.

Generaltabelle.

gehalt weifs-N	Prozentgehalt an Gesamt-P		Prozentgehalt an Eiweifs-P		Organgewicht		Gesamtgewicht des in d. Organen enthaltenen	
trocken	feucht	trocken	feucht	trocken	feucht g	trocken g	Gesamt-N g	Eiweifs-N g
8,92	0,309	1,080	0,095	0,331	115,1	33,0	3,30	2,94
9,89	0,239	1,247	0,056	0,294	35,5	6,8	0,78	0,67
11,00	0,200	0,804	—	—	29,6	7,3	0,96	0,81
7,90	0,226	1,062	0,083	0,391	47,1	10,0	0,88	0,79
12,55	0,208	0,861	0,017	0,072	96,1	23,2	3,28	2,91
9,37	0,265	1,148	0,091	0,394	40,5	9,3	0,98	0,87
12,56	0,218	0,923	0,017	0,072	108,4	25,7	3,57	3,23
5,13	0,222	0,705	0,082	0,260	62,1	19,6	1,16	1,01
11,46	0,199	0,840	0,019	0,081	90,4	21,4	2,79	2,46
3,44	0,195	0,459	0,058	0,136	87,6	37,3	1,43	1,28
11,47	0,196	0,768	—	—	100,8	25,7	3,34	2,95
7,12	0,254	0,861	0,078	2,649	49,4	14,6	1,16	1,04
11,14	0,201	0,793	—	—	87,9	22,3	2,83	2,49
11,35	0,364	1,236	0,124	0,420	27,8	8,2	1,10	0,93
12,24	0,204	0,861	0,019	0,078	105,8	25,1	3,62	3,07
11,23	0,343	1,253	0,119	0,433	27,6	7,5	1,02	0,85
—	0,192	0,792	—	—	99,7	24,1	3,23	—
10,65	0,293	1,157	0,101	0,397	37,4	9,5	1,11	1,01
12,95	0,211	0,911	0,021	0,092	86,5	20,0	2,96	2,59
10,51	0,270	1,295	0,100	0,479	32,8	6,8	0,84	0,72
11,76	0,208	0,877	0,018	0,075	84,3	20,0	2,78	2,35
11,38	0,294	1,333	0,117	0,530	27,7	6,1	0,77	0,70
12,01	0,198	0,884	0,018	0,078	70,1	15,7	2,12	1,88
10,73	0,177	1,335	0,068	0,509	25,5	3,4	0,41	0,36
12,11	0,202	0,870	0,020	0,085	90,2	21,0	3,00	2,54
11,46	0,303	1,291	0,108	0,460	16,8	3,9	0,52	0,45
13,02	0,190	0,888	0,019	0,099	56,3	12,0	1,83	1,57

Leber, für die Hungerhühner 0,3409 %.[1]) Meine Zahlen bewegen sich bei den gemästeten Hühnern zwischen 0,1955 und 0,3640 %,

1) Umgerechnet. Bei Kossel sind die Zahlen auf H_3PO_4 berechnet.

bei den Hungerhühnern zwischen 0,1770 und 0,3029%. Die von Kossel für den Nukleinphosphor gegebene Zahl mit 0,08357[1]) bei den gemästeten Hühnern liegt etwas unter der Mitte der von mir gefundenen Zahlen, während sein für die Hungerhühner gegebener Wert von 0,1618%[1]) deutlich höher liegt als die meinigen, worauf später noch eingegangen werden wird.

Auf weitere Vergleiche verzichte ich und weise nur kurz darauf hin, dafs die von Katz[2]) und Forster[3]) für den Gehalt der Muskulatur an Phosphor gegebenen Zahlen den meinen ähnlich sind.

Ehe ich nun dazu übergehe, diejenigen Beziehungen der einzelnen Zahlenwerte untereinander zu erörtern, die das eigentliche Ziel meiner Arbeit bildeten, mufs ich mich mit einer wichtigen Vorfrage beschäftigen. Wie grofs ist die Differenz im Ernährungszustande der gemästeten Tiere auf der einen Seite und der Hungertiere auf der anderen Seite? Wie grofs ist sie insbesondere in bezug auf den »Stickstoffernährungszustand«? Nur dann, wenn hier grofse Unterschiede vorlagen, konnte eine eventuelle Tendenz zur Verschiebung des Verhältnisses zwischen Phosphor und Stickstoff auch deutlich zum Ausdruck kommen. Die Beweiskraft der ganzen Versuche wird also sehr wesentlich von dem Umfang dieser Differenzen abhängen.

Ein absolutes Mafs für den Ernährungszustand gibt es nicht, darauf ist oben schon einmal kurz hingewiesen worden. Wir müssen uns mit relativen Begriffen begnügen. Es war wünschenswert, diese dafür möglichst zu festigen.

Dazu schien mir folgende Berechnung gut geeignet zu sein, welche wenigstens einen annähernden Vergleich erlaubte und dabei den Vorzug hatte, dafs der Vergleich nicht das Tier als Gesamtheit, sondern gerade die untersuchten Organe betraf. Es

1) Umgerechnet. Bei Kossel sind die Zahlen auf H_3PO_4 berechnet.

2) Katz, Die mineralischen Bestandteile des Muskelfleisches. Pflügers Archiv Bd. 65 S. 1.

3) Forster, a. a. O. Zeitschr. f. Biol. Bd. 9.

wurden die Organe der gemästeten sowohl wie der Hungertiere mit dem Körpergewicht derselben im Anfang der Versuche verglichen. Dabei wurde die allerdings nicht beweisbare, in den tatsächlichen Verhältnissen aber gut begründete Annahme gemacht, dafs die Tiere sich damals in einem »mittleren« Ernährungszustand befunden haben. Wenn nun die Organe im einen Falle zugenommen, im anderen Falle abgenommen hatten, so mufste sich die Differenz in ihrem Verhältnis zu dem fingierten »mittleren« Körpergewicht deutlich ausprägen. Zu dem Vergleich wurden benutzt die Trockensubstanzmenge (das Trockengewicht) und der Totalgehalt der Organe an Stickstoff (die Gesamtstickstoffmenge derselben).

(Siehe Tabelle I auf S. 54.)

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dafs die Differenzen ohne allen Zweifel sehr bedeutend sind. Sie betreffen sowohl das Trockengewicht wie die Gesamtstickstoffmenge. Im Trockengewicht zeigen namentlich die Lebern einen enormen Unterschied. Bei den Hühnern ist das Trockengewicht der Mastleber durchschnittlich $3^1/_2$ mal so hoch wie das der Hungerlebern. Im Einzelfalle geht die Differenz sogar bis zum 10fachen hinauf (Huhn V und XIII, XIV.). Zweifellos spielt dabei der höhere Gehalt der Mastlebern an Fett und Glykogen die ausschlaggebende Rolle.

Aber auch in der für uns wichtigeren Stickstoffmenge haben die Organe nach der einen Seite so zugenommen und nach der anderen Seite so abgenommen, dafs die Differenzen eklatant sind. Sie sind auch hier besonders grofs bei der Leber. Bei den Masthunden betragen die Lebern, auf das mittlere Körpergewicht reduziert, im Durchschnitt beinahe doppelt so viel wie diejenigen der Hungerhunde. Bei den Hühnern erreichen sie sogar mehr als den doppelten Wert. Die Nieren der Masthunde sind um mehr als die Hälfte gegenüber den Hungertieren angestiegen. Die Muskulatur hat sowohl bei den Hunden als bei den Hühnern um etwas weniger als die Hälfte zugenommen. Das sind Beträge, die zu einer Verschiebung der Phosphor Stick-

Tabelle I.

	Im Verhältnis zum »mittleren« Körpergewicht beträgt das Trockengewicht der			die Gesamt-N-Menge der		
	Leber %	Niere %	Muskeln[1] %	Leber ‰	Niere ‰	Muskeln[1] ‰
Hund I	0,981	0,103	0,139	1,076	0,130	0,189
» II	1,007	0,116	0,119	1,064	0,141	0,163
» III	0,859	0,148	0,123	0,937	0,179	0,166
» IV	1,026	0,140	0,153	1,137	0,173	0,191
» V	0,991	0,101	0,161	0,991	—	0,216
» VI	1,143	0,136	—	1,147	0,160	—
Mittel der Masthunde	**1,001**	**0,124**	**0,139**	**1,059**	**0,157**	**0,185**
Hund VII	0,884	0,072	0,096	0,651	0,087	0,133
» VIII	0,372	0,078	0,094	0,458	0,087	0,126
» IX	0,542	0,090	0,084	0,710	0,108	0,123
» X	0,460	0,095	0,102	0,460	0,109	0,133
Mittel d. Hungerhunde	**0,464**	**0,084**	**0,094**	**0,570**	**0,098**	**0,129**
Huhn I	0,747	—	1,725	0,652	—	2,439
» II	0,646	—	1,781	0,681	—	2,474
Mittel I und II	0,696	—	1,753	0,666	—	2,456
Huhn III	1,679	—	1,840	0,998	—	2,400
» IV	1,679	—	1,840	0,998	—	2,400
» V	2,794	—	1,927	1,069	—	2,506
» VI	1,067	—	1,637	0,854	—	2,077
Mittel III—VI	1,805	—	1,811	0,980	—	2,346
Huhn VII	0,656	—	2,010	0,879	—	2,894
» VIII	0,650	—	2,081	0,882	—	2,786
» IX	0,795	—	1,680	0,934	—	2,487
» X	0,795	—	1,680	0,934	—	2,487
Mittel VII—X	0,724	—	1,863	0,907	—	2,663
Mittel der Masthühner	**1,151**	—	**1,820**	**0,881**	—	**2,495**
Huhn XI	0,473	—	1,382	0,581	—	1,924
» XII	0,419	—	1,073	0,530	—	1,453
Mittel XI—XII	0,446	—	1,227	0,556	—	1,688
Huhn XIII	0,240	—	1,484	0,291	—	2,114
» XIV	0,240	—	1,484	0,291	—	2,114
» XV	0,331	—	1,041	0,441	—	1,543
» XVI	0,331	—	1,041	0,441	—	1,543
Mittel XIII—XVI	0,285	—	1,262	0,366	—	1,828
Mittel d. Hungerhühner	**0,339**	—	**1,251**	**0,430**	—	**1,782**

1) M. tibialis anticus, extens. digitor. ped. long., gastrocnemius einer Seite beim Hunde, Muskulatur des linken Ober- und Unterschenkels beim Huhn.

stoffquotienten reichlich Anlafs gegeben haben mufsten, wenn überhaupt eine solche Verschiebung in wesentlichem Umfange stattfinden konnte.

Auf die Einzelzahlen braucht hier nicht näher eingegangen zu werden. Sie bleiben so weit im Rahmen der Durchschnittswerte, daß mit einer Ausnahme das Maximum bei den Hungertieren niemals das Minimum bei den gemästeten erreicht. Doch sind sie anderseits so weit different, dafs der verschiedene Grad der Mästung bezw. Inanition bei den einzelnen Organen der Tiere deutlich zum Ausdruck kommt. Es wird darauf gleich noch Bezug zu nehmen sein.

Vergleicht man die in den einzelnen Organen vorhandenen Stickstoffmengen von Organ zu Organ beim selben Tiere, so wird man ein Bild davon bekommen, wie unter den verschiedenen Ernährungsverhältnissen der Stickstoff auf sie verteilt ist. Es wurde oben auseinandergesetzt (s. S. 34), dafs an diesen Verteilungsverhältnissen die Frage der spezifischen Eiweifsstapelung in der Leber am besten zu lösen sei. Die folgende Tabelle enthält die diesbezüglichen Zahlen. Sie geben an: beim Hunde das Verhältnis der Gesamtstickstoffmenge der Nieren und der untersuchten Muskelgruppen zur Gesamtstickstoffmenge der Leber und das Verhältnis der Gesamtnierenstickstoffmenge zur Gesamtmuskelstickstoffmenge. Dieselben Verhältniszahlen wurden für den Eiweifsstickstoff berechnet. Bei den Hühnern kam nur das Verhältnis von Muskelstickstoff zu Leberstickstoff in Betracht, wobei ebenfalls auf Gesamtstickstoff und Eiweifsstickstoff rekurriert wurde.

(Siehe Tabelle II auf S. 56.)

Die Zahlen für Gesamtstickstoff und Eiweifsstickstoff verhalten sich nicht ganz gleich, über die Ursache davon wird später noch zu sprechen sein. Jedenfalls sind sie so weit ähnlich, dafs die nähere Besprechung hier auf die für uns wichtigeren Eiweifsstickstoffzahlen beschränkt werden kann. Aus ihnen ergibt sich für den Hund, dafs die Leber im Verhältnis zur Niere bei den gemästeten Tieren durchschnittlich mehr Eiweifs enthält

Tabelle II.

	Es verhalten sich in bezug auf					
	Gesamt-N-Menge			Eiweifs-N-Menge		
	Nieren : Leber (Leber = 100)	Musk.[1]) : Leber (Leber = 100)	Nieren : Muskeln (Muskeln = 100)	Nieren : Leber (Leber = 100)	Musk.[1]) : Leber (Leber = 100)	Nieren : Muskeln (Muskeln = 100)
Hund I	12,08	17,55	68,80	11,93	17,19	69,40
» II	13,27	15,30	86,70	12,63	14,44	87,47
» III	19,08	17,70	107,8	18,14	16,82	107,9
» IV	15,25	16,80	90,81	14,22	16,79	84,72
» V	—	21,76	—	10,70	20,04	53,38
» VI	13,92	—	—	13,26	—	—
Mittel der Masthunde	14,72	17,82	88,53	**13,15**	**17,06**	**80,57**
Hund VII	14,38	21,89	65,69	14,48	21,66	66,82
» VIII	18,94	27,41	67,52	17,88	26,87	66,55
» IX	15,23	17,29	88,07	14,82	16,67	88,95
» X	23,63	28,99	81,50	22,87	27,40	83,48
Mittel d. Hungerhunde	18,04	23,89	75,69	**17,51**	**23,15**	**76,45**

	Leber : Muskeln[2]) (Muskeln = 100)	Leber : Muskeln[2]) (Muskeln = 100)
Huhn I	26,72	27,27
» II	27 52	27,06
Mittel I und II	27,12	27,16
Huhn III	41,59	40,91
» IV	41,59	40,91
» V	42,68	43,45
» VI	41,11	41,70
Mittel III—VI	41,74	**41,74**
Huhn VII	30,36	30,27
» VIII	31,67	(31,67)[3])
» IX	37,58	38,90
» X	37,58	38,90
Mittel VII—X	34,40	**36,02** (**34,93**)[3])
Mittel der Masthühner	35,84	**36,60** (**36,10**)[3])
Huhn XI	30,18	30,59
» XII	36,52	36,99
Mittel XI—XII	33,35	33,79
Huhn XIII	13,69	14,32
» XIV	13,69	14,32
» XV	28,60	28,74
» XVI	28,60	28,74
Mittel XIII—XVI	21,14	21,53
Mittel d. Hungerhühner	25,21	**25,62**

1) M. tibialis anticus, extensor digitor. ped. long., gastrocnemius.

2) Muskulatur des linken Ober- und Unterschenkels.

3) Die in Klammern gesetzten Zahlen sind durch Einsetzen der Gesamt-N-Menge bei Huhn VIII für die fehlende Eiweifs-N-Menge gewonnen.

als bei den Hungertieren. Die Verschiebung beläuft sich auf $\frac{17{,}51 - 13{,}15}{0{,}1315} = \frac{4{,}36}{0{,}1315} = 33{,}1\,\%$ der Eiweifsmenge des Hungertieres. Ähnlich ist das Verhältnis von Muskeleiweifsstickstoff zum Lebereiweifsstickstoff verschoben, nämlich um $\frac{23{,}15 - 17{,}06}{0{,}1706} = \frac{6{,}09}{0{,}1706} = 35{,}7\,\%$. Die Differenz ist also erheblich, beträgt aber bei weitem nicht soviel, wie die von Seitz[1]) angegebene Vermehrung der Stickstoffmenge der Hühnerleber im Verhältnis zur Stickstoffmenge des übrigen Körpers, die sich auf das 2—3 fache belief. Das durchschnittliche Verhältnis von Nieren- und Muskeleiweifs zueinander ist durch den verschiedenen Ernährungszustand nicht deutlich verschoben. Bei den Hühnern hat das Lebereiweifs im Verhältnis zum Muskeleiweifs durch die Mästung gegenüber dem Hungerzustande mehr zugenommen als bei den Hunden, erreicht aber ebenfalls noch bei weitem nicht die Seitzschen Zahlen. Die Zunahme beträgt — wenn man bei Huhn VIII die Gesamtstickstoffzahl für die fehlende Eiweifsstickstoffzahl einsetzt, was zur Erzielung eines richtigen Durchschnittswertes angezeigt ist — $\frac{36{,}102 - 25{,}62}{0{,}2562} = \frac{10{,}48}{0{,}2562} = 40{,}9\,\%$. Vergleicht man die einzelnen Gruppen der Masttiere und der Hungertiere, so ergibt sich, dafs die stärksten Verschiebungen nicht bei den nach Seitz mit Fischfleisch gefütterten Tieren erhalten wurden, sondern bei denjenigen, die in einer den Hühnern besonders bekömmlichen Form mit vegetabilischer Nahrung gemästet worden waren. Hier steigt sie auf $\frac{41{,}74 - 25{,}62}{0{,}2562} = \frac{16{,}12}{0{,}2562} = 62{,}9\,\%$, während sie bei den durch Fischfleisch gemästeten Tieren mit $\frac{34{,}93 - 25{,}62}{0{,}2562} = \frac{9{,}31}{0{,}2562} = 35{,}9\,\%$ etwas unter dem Durchschnitt bleibt. Die mit Hafer gefütterten Tiere dagegen, die man nicht eigentlich

1) Seitz, a. a. O. Pflügers Archiv 111.

als gemästet bezeichnen konnte, hatten auffallend geringen relativen Stickstoffgehalt der Leber, der nur unbedeutend denjenigen der Hungertiere übertraf.

Überhaupt ergibt sich beim näheren Betrachten der Einzelwerte, dafs die Verhältnisse keineswegs ganz einfach liegen. Die Einzelwerte weisen beträchtliche Schwankungen auf, die manchmal so weit gehen, dafs die Maximalzahlen des niedrigeren Durchschnittswertes die minimalen des höheren übersteigen. Das betrifft bei den Hunden besonders die Nieren von Hund III und die Muskulatur von Hund V. Im ersteren Falle wird sogar der höhere Durchschnittswert überschritten. Bei den Hühnern sind vor allen Dingen die Werte der Hungerhühner sehr schwankend. Während bei Huhn XIII und XIV das Prozentverhältnis des Lebereiweifses zum Eiweifs der Beinmuskulatur 14,32 beträgt, steigt der Wert bei Huhn XV, XVI auf 28,74 und bei Huhn XII auf 36,99. Er überschreitet damit zuletzt den Durchschnittswert der gemästeten Tiere, wenn auch nur unbedeutend. Einen besseren Einblick in diese Schwankungen gewinnt man dann, wenn man auf die oben mitgeteilte Tabelle zurückgreift, welche das Verhältnis der Stickstoffmenge der einzelnen Organe zum »mittleren« Körpergewicht betraf. Man sieht dann, dafs das eben erwähnte abnorme Verhalten der Nieren von Hund III dadurch zustande kommt, dafs der Gesamtstickstoffgehalt dieses Organes abnorm hoch, derjenige der zugehörigen Leber dagegen abnorm niedrig ist. Bei den Hungerhühnern XIII, XIV ist der Eiweifsquotient von Leber zu Muskel deswegen so niedrig, weil einer abnorm geringen Eiweifsmenge der Leber eine ziemlich hohe Eiweifsmenge der Muskulatur gegenübersteht, während das umgekehrte Verhalten desselben Quotienten bei Huhn XII und XV, XVI durch die gegensätzliche Ursache bedingt ist. Mit anderen Worten, die Schwankungen der Verteilung des Eiweifses auf die Organe werden dadurch bedingt, dafs unter analogen Verhältnissen die Eiweifsmenge des einzelnen Organes nicht immer dieselbe ist, wobei die verschiedenen Organe vom Mittelwert nach verschiedenen Richtungen abweichen können.

Der Hauptgrund dafür kann nur in einem ungesetzmäfsigen Verlauf des Eiweifsansatzes bei der Mast bzw. der Eiweifseinbufse beim Hungern liegen. Gewifs ist anzunehmen, dafs auch physiologischerweise bei den verschiedenen Tieren die Gröfse der Organe verschieden angelegt ist. Das kann aber nicht entfernt hinreichen, um Schwankungen um den doppelten Wert aufzuklären, wie sie bei den Hungerhühnern XIII—XVI zu finden sind, trotzdem diejenigen Tiere, die den geringeren Stickstoffanteil der Leber aufwiesen, sogar 1 Tag länger gehungert hatten als die anderen.

Alle diese Überlegungen genügen natürlich nicht, um den eklatanten Unterschied der Durchschnittszahlen zu beseitigen, sie mahnen aber zur Vorsicht bei der Beurteilung der komplizierten Verhältnisse.

Zusammenfassend wird man folgendes für sicher halten dürfen: Die Leber hat die Eigenschaft, bei der Mästung einen relativ gröfseren Anteil des Körpereiweifses in sich aufzunehmen bzw. beim Hunger einen relativ gröfseren Anteil desselben abzugeben als andere Organe. Im Einzelfalle ist dieses Mehr grofsen Schwankungen unterworfen, doch lassen sich Durchschnittszahlen gewinnen, die einen ungefähren Anhalt geben. Diese besagen beim Hunde in der Leber gegenüber Nieren und Muskulatur ein Plus von rund $^1/_3$, beim Huhn gegenüber der Muskulatur ein Plus von 40—60 % im Mastzustande.

Der Befund von Seitz wird dadurch im Prinzip bestätigt. Seine Einzelzahlen sind mit den meinigen ja nicht direkt vergleichbar, es ist aber anzunehmen, dafs sie zu hoch sind, woran einmal die Vernachlässigung des Blutgehaltes der Leber, dann aber auch der Umstand schuld haben kann, dafs Seitz zufällig nicht auf dieselben Ungesetzmäfsigkeiten in den Mastvorgängen gestofsen ist, die ich feststellen mufste.

Unter den Beziehungen des Phosphors der Organe zum Stickstoff derselben interessiert uns zunächst die Relation ihres Prozentgehaltes an Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff. Es ist das derjenige Wert, der dem Phosphor-Stickstoffquotienten der Stoffwechselversuche am

lebenden Tier entspricht; denn auch bei diesen handelt es sich ja lediglich um Bestimmungen des Gesamtphosphors und Gesamtstickstoffs. In der folgenden Tabelle sind die Verhältniszahlen von Gesamtphosphor zum Gesamtstickstoff in den einzelnen Organen zusammengestellt worden. Aufserdem finden sich hier auch die Verhältniszahlen von Gesamtphosphor zu Eiweifsstickstoff, weil das später interessieren wird.

(Siehe Tabelle III auf S. 61.)

Vergleichen wir die Durchschnittswerte! Da findet sich durchgehends eine direkt als frappierend zu bezeichnende Übereinstimmung zwischen Mast- und Hungertieren. Der Phosphorgehalt beträgt, auf 100 Stickstoff berechnet, bei der Hundeleber im Mastzustande 10,19, im Hungerzustande 10,01, bei der Niere 9,78 in beiden Fällen, bei der Muskulatur 5,76 bzw. 5,81. Man kann also die Zahlen praktisch als identisch bezeichnen. Beim Huhn liegt die Sache nicht viel anders. Der Quotient beträgt bei der Hühnerleber im Mastzustande 10,78, im Hungerzustande 10,41, bei der Hühnermuskulatur 6,19 bzw. 6,11; auch hier also fast die gleichen Werte.

Zur Bildung eines genaueren Urteils ist es notwendig, die Einzelzahlen zu betrachten. Während uns bisher mehr die Leber interessierte, wird hier, wo es sich um einen Vergleich mit den Methoden der Gesamtstoffwechselbestimmung handelt, die Muskulatur im Vordergrunde des Interesses stehen, als dasjenige Organ, das an der Gesamtkörpermasse und damit am Gesamtstoffwechsel bei weitem den gröfsten Anteil hat. Gerade hier ist nun die Übereinstimmung der Durchschnittszahlen fast vollständig. Auch die Differenzen der Einzelzahlen bewegen sich in bescheidenen Grenzen. Besonders wichtig ist, dafs auch dann, wenn man die Tiere nach der verschiedenen Art der Mast vergleicht, was namentlich bei den Hühnern möglich ist, sich keinerlei Anhalt für eine Beeinflussung des Phosphor-Stickstoffquotienten in der Muskulatur durch die Art der Nahrung ergibt. Die Verhältnisse beim Phospor-Stickstoffquotienten der Niere sind ähnlich.

Tabelle III.

	Es beträgt der Gehalt an Gesamt-P im Verhältnis zum Gehalt an Gesamt-N (= 100)			Gehalt an Eiweifs-N (= 100)		
	in der Leber	in den Nieren	in den Muskeln[1])	in der Leber	in den Nieren	in den Muskeln[1])
Hund I	9,26	9,75	5,97	10,73	11,44	7,07
» II	10,17	9,67	5,84	11,32	11,31	6,89
» III	10,11	10,17	5,32	11,20	11,84	6,21
» IV	9,87	9,43	5,84	11,21	11,49	6,64
» V	11,00	—	5,84	12,47	12,76	7,19
» VI	10,75	9,89	—	12,42	12,00	—
Mittel der Masthunde	**10,19**	**9,78**	**5,76**	11,56	11,81	6,80
Hund VII	9,91	9,30	5,74	11,26	10,51	6,60
» VIII	9,61	9,79	6,11	10,50	11,33	6,82
» IX	9,72	9,15	5,22	10,92	10,56	6,08
» X	10,80	10,89	6,17	12,10	11,93	7,31
Mittel d. Hungerhunde	**10,01**	**9,78**	**5,81**	11,19	11,08	6,70
Huhn I	12,17	—	6,09	13,44	—	6,86
» II	10,89	—	6,64	12,25	—	7,35
Mittel I und II	11,53	—	6,26	12,84	—	7,10
Huhn III	11,86	—	6,43	13,73	—	7,33
» IV	11,86	—	6,43	13,73	—	7,33
» V	11,99	—	5,91	13,35	—	6,70
» VI	10,76	—	6,25	12,08	—	7,12
Mittel III—VI	11,62	—	6,26	13,22	—	7,12
Huhn VII	9,23	—	5,97	10,89	—	7,03
» VIII	9,23	—	5,91	11,16	—	—
» IX	9,84	—	6,16	10,86	—	7,03
» X	9,84	—	6,16	10,86	—	7,03
Mittel VII—X	9,54	—	6,05	10,94	—	7,03
Mittel der Masthühner	**10,77**	—	**6,19**	12,23	—	7,09
Huhn XI	10,55	—	6,30	12,32	—	7,46
» XII	10,52	—	6,53	11,71	—	7,36
Mittel XI, XII	10,53	—	6,42	12,01	—	7,41
Huhn XIII	11,01	—	6,08	12,44	—	7,19
» XIV	11,01	—	6,08	12,44	—	7,19
» XV	9,69	—	5,84	11,26	—	6,82
» XVI	9,69	—	5,84	11,26	—	6,82
Mittel XIII—XVI	10,35	—	5,96	11,85	—	7,00
Mittel d. Hungerhühner	**10,41**	—	**6,11**	11,90	—	7,14

1) Muskeln beim Hund: M. tibialis anticus, extensor digitor. pedis longus und gastrocnemius. Muskeln beim Huhn: l. Ober- u. Unterschenkelmuskulatur.

Nicht so ganz klar liegt die Sache für die Leber. Das gilt besonders von den Hühnern. Hier zeigen die mit Fischfleisch genährten Tiere gegenüber den vegetabilisch gemästeten einen durchgehends nach derselben Richtung sich bewegenden Unterschied. Die Differenz beträgt, wenn man von den vegetabilisch gemästeten nur diejenigen starker Mast heranzieht (III—VI) $\frac{11{,}62 - 9{,}53}{0{,}953} = \frac{2{,}09}{0{,}953} = 21{,}9\,\%$ vom Phosphor-Stickstoffquotienten der fleischgefütterten Tiere. Da es sich jederseits um 4 Tiere handelt, wird man berechtigt sein, den Unterschied nicht für zufällig zu halten. Es ist wahrscheinlich, dafs er mit dem höheren Gehalt des Mais an Phosphorsäure zusammenhängt (nach König[1]) verhalten sich im Mais $P_2O_5 : N = 0{,}913 : 1{,}74$). Das würde bedeuten, dafs bei starker Phosphorzufuhr eine Anreicherung der Hühnerleber an Phosphor stattfindet. Auch dann, wenn man die mit Fischfleisch gefütterten Hühner mit den Hungerhühnern vergleicht, ergibt sich ein, wenn auch weniger bedeutender Unterschied im Phosphor-Stickstoffquotienten; er ist bei ihnen um $\frac{10{,}413 - 9{,}535}{0{,}10413} = \frac{0{,}878}{0{,}10413} = 8{,}43\,\%$ niedriger, wobei sich freilich die maximalen Zahlen der fischfleischgefütterten Tiere über die Minimalzahlen der Hungertiere erheben. Bei der Hundeleber sind die Verhältnisse wieder einfacher, und die Einzelzahlen geben keinen Anlafs, die Konstanz des Phosphorstickstoffquotienten, die sich im Durchschnitt ergeben hat, unter bestimmten Verhältnissen in Frage zu ziehen. Speziell ist der Quotient auch bei den nicht mit Kohlehydraten, sondern nur mit Fleisch oder mit Fleisch und Fett genährten Hunden nicht geringer als bei den Hungertieren. Eine einseitige phosphorreiche Nahrung ist allerdings nicht verfüttert worden, da der Reis, den die letzten beiden Tiere erhielten, enthülst und somit ziemlich phosphorarm war.

Das Gesamtresultat wird folgendes sein: Das Verhältnis von Gesamtphosphor zum Gesamtstickstoff ist im

1) König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genufsmittel. 3. Aufl. Bd. 2 S. 474.

Hungerzustande und im Zustande der Fleischmast das gleiche und schwankt in beiden Zuständen gleichmäfsig nur um die Breite der individuellen Verschiedenheiten. Das gilt beim Hunde in jeder Beziehung. Beim Huhn scheint die Leber im Fleischmastzustande etwas mehr Stickstoff anzusetzen als Phosphor. Bei einseitiger phosphorreicher vegetabilischer Nahrung nimmt die Hühnerleber relativ mehr Phosphor auf als Stickstoff. Der Phosphor-Stickstoffquotient der Muskulatur wird auch beim Huhn durch die verschiedenen Ernährungsverhältnisse nicht geändert.

Übertragen wir das so Gefundene auf den Phosphor-Stickstoffquotienten bei Stoffwechselversuchen am lebenden Tier! Es handelt sich hier, wie oben dargelegt worden ist (s. o. S. 24 f.), darum, festzustellen, ob derjenige Anteil des abgegebenen oder angesetzten Phosphors, welcher auf das Körperfleisch zu beziehen ist, im Verhältnis zum Stickstoff konstant ist oder nicht, eine Frage, die der sicheren Lösung noch durchaus entbehrt. Dabei mufs, wie schon erwähnt, zunächst berücksichtigt werden, dafs die Muskulatur an Masse alle anderen eiweifsreichen Organe weit übertrifft[1]). Der Phosphor-Stickstoffquotient des Stoffwechsels, soweit er auf das Körperfleisch zu beziehen ist, wird also im wesentlichen von dem Phosphor-Stickstoffquotienten der Muskulatur abhängig sein. Da dieser nun unter den verschiedenen Bedingungen als praktisch konstant anzusehen war, ist auch ihm ein beträchtliches Mafs von Konstanz unter allen Umständen gesichert. Der Einflufs der Leber scheint sich unter den verschiedenen Umständen nicht ganz gleich zu äufsern. Bei der Fleischmast des Hundes erhöht er, ebenso wie der der Niere, noch die Konstanz. Bei der Fleischmast des Huhnes scheint die Leber imstande zu sein, den Phosphor-Stickstoffquotienten des Körperfleischstoffwechsels etwas nach unten zu verschieben; doch kann dieser Einflufs nur gering sein. Bei einseitiger Zufuhr von phosphorreicher Nahrung ist die Leber beim Huhn wenigstens imstande, durch Aufnahme von Phosphor das Verhältnis des im

1) Nach Vierordt (a. a. O.) verhalten sich Muskulatur und Leber beim erwachsenen Menschen wie 43,4 : 2,75.

Körperfleisch angesetzten Phosphors zum angesetzten Stickstoff zu erhöhen. Aber bei ihrer relativ geringeren Masse wird die Erhöhung nicht beträchtlich sein.

Kurz zusammengefafst ergeben meine Untersuchungen, dafs der Teil des angesetzten und abgegebenen Phosphors, der auf den Stoffwechsel des Körperfleisches zurückzuführen ist, dem Stickstoff gegenüber im wesentlichen konstant sein mufs, und dafs dieser Phosphor-Stickstoffquotient nur durch besondere Einflüsse in wenig beträchtlichem Grade verändert werden kann. Stärkere Verschiebungen des Phosphor-Stickstoffquotienten eines Stoffwechselversuches werden also nicht auf Einlagerung oder Abgabe von Phosphor seitens der eiweifsreichen Organe zu beziehen sein, sondern vom Verhalten der phosphorreichen und eiweifsarmen Gewebe (des Zentralnervensystems und vor allem der Knochen) abhängen, auch dann, wenn das Verhalten der Kalziumbilanzen dem scheinbar widersprechen sollte. Man mufs eben dann annehmen, dafs bei Knocheneinschmelzung oder -aufbau Kalzium und Phosphor nicht auf ein so enges gegenseitiges Verhältnis eingestellt sind, wie die bisherige Theorie voraussetzte.

Einige Worte sind noch über die Höhe des durchschnittlichen Phosphorstickstoffquotienten des Körperfleisches zu sagen. Munck[1]) hat dafür auf P_2O_5 berechnet 1 : 6,6 vorgeschlagen, indem er 1 : 6,8 als die durchschnittliche Zahl des Phosphorstickstoffquotienten in der Muskulatur annahm und 1 : 6,4 für diejenige in den drüsigen Organen. Seine Zahlen hat er sowohl auf Menschen- wie Hundeversuche angewendet. Die meisten Autoren haben seine Werte benutzt. Doch sind auch andere Verhältniszahlen gewählt worden, so von Lüthje und Berger[2]) für den Menschen 0,47 : 3,4 = 1 : 7,2. Die von mir gefundenen Zahlenwerte würden für den Hundemuskel, ebenfalls auf P_2O_5 berechnet einen Quotienten von 1 : 7,55 ergeben, für den Durchschnitt der Hundeleber und -niere etwa 1 : 4,37. Der letztere Wert ist von dem entsprechenden Munks offenbar des-

1) Munck, a. a. O. Virchows Archiv Suppl.-Bd. 131.
2) Lüthje u. Berger, a. a. O. Deutsch. Archiv f. klin. Med. Bd. 81.

wegen so different, weil der Munckschen Zahl sicher Untersuchungen von Organen zugrunde lagen, bei denen das Blut nicht ausgespült war, was den Phosphorstickstoffquotienten erheblich erniedrigt, wie oben näher ausgeführt worden ist. Wenn ich das Verhältnis der drüsigen Organe zur Muskulatur beim Hunde auf rd. 1 : 10 einsetze, würde ich einen Quotienten für das Verhältnis von P_2O_5 zu N erhalten, der 1 : 7,26 betrüge. Da sich aber ergeben hat, dafs die Leber am Eiweifsansatz und -abbau sich stärker beteiligt als die Muskulatur, erscheint es notwendig, den Quotienten zu erhöhen, und man wird mit rd. 1 : 7,1 ziemlich genau das Richtige treffen.

Es bleibt jetzt noch übrig, mein Zahlenmaterial zur Lösung der dritten unter denjenigen Fragen zu verwenden, die uns hier hauptsächlich interessieren; das ist die Frage nach der Form, in der Stickstoff im Falle starker Mast in den eiweifsreichen Organen angesetzt wird. Besonders handelt es sich da um die Frage der Existenz des Zelleinschlufseiweifses im Sinne von v. Noorden[1]) und Lüthje[2]).

Hier gewähren uns bereits die Zahlen über das Verhältnis des Gesamtphosphors zum Gesamtstickstoff wertvolle Aufschlüsse. Das Zelleinschlufseiweifs sollte eine Eiweifsgattung sein, die sich ohne Zutritt von Phosphor in den Geweben ablagert. Sein Auftreten mufs also eine Verschiebung des Phorphorstickstoffquotienten zuungunsten des Phosphors zur Folge haben. Dasselbe würde der Fall sein, wenn eine nennenswerte Anhäufung von stickstoffhaltigen Körpern in den Zellen stattfände, die keine Eiweifskörper sind (etwa die »unbekannte Mastsubstanz« Pflügers[3])). Wir haben gesehen, dafs beim Hunde in keinem der untersuchten Organe eine solche Verschiebung durch die Eiweifsmast nachweisbar war. Damit ist ein gewichtiger Grund gegen die Existenz des Zelleinschlufseiweifses bei diesem Tiere gewonnen. Beim Huhn konnten wir eine geringe Erniedrigung des Phosphorstickstoffquotienten der Leber durch reine Fleischmast feststellen;

1) v. Noorden, a. a. O. Handb. d. Pathol. d. Stoffw. 1. Aufl.
2) Lüthje, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 44 a. a. O.
3) Pflüger, a. a. O. Pflügers Archiv Bd. 68 u. 77.

es wäre also möglich, dafs in diesem Organ eine gewisse Ansammlung von Zelleinschlufseiweifs stattgefunden hat. Zum Beweise der Existenz des Zolleinschlufseiweifses kann die Verschiebung aber nicht hinreichen, weil sie zu gering ist. Auch kann sie sich im Gesamtstoffwechsel nur unbedeutend geäufsert haben, da, wie mehrfach betont, dieser hauptsächlich von der Muskulatur abhängig ist, die auch beim Huhn einen konstanten Phosphorstickstoffquotienten aufwies.

Wenn nun diese Argumente auch sehr gegen die Existenz des Zelleinschlufseiweifses sprechen, so werden wir doch korrekterweise bis jetzt nur sagen können: der Nachweis des Zelleinschlufseiweifses oder ähnlicher Körper auf dem bei den Stoffwechselversuchen bisher betretenen Wege findet in den Organuntersuchungen keine Stütze, und damit entfällt die Möglichkeit, dafs diese Körper im Gesamtstoffwechsel der hier untersuchten Tiere eine gröfsere Rolle spielen. Es darf aber nicht vergessen werden, dafs der Versuch des Nachweises speziell von Zelleinschlufseiweifs durch Betrachtung des Quotienten von Gesamtphosphor zu Gesamtstickstoff eigentlich ein Notbehelf ist, der aus den unvermeidbaren Mängeln der Stoffwechselversuche am lebenden Objekte entspringt. Während wir bei diesen nichts anderes bestimmen können als Gesamtphosphor und Gesamtstickstoff, sind wir bei Organuntersuchungen imstande, näher zu spezifizieren und Werte zu vergleichen, die zum Nachweis des Zelleinschlufseiweifses geeigneter sein können.

Einmal können wir statt des Gesamtstickstoffs den Eiweifsstickstoff setzen, weil es sich ja eben nur um das Eiweifs handelt. Das ist in der obigen Tabelle III neben den auf Gesamtstickstoff bezogenen Werten bereits geschehen. Das Resultat ist für das Zelleinschlufseiweifs wenig günstig, denn der Phosphorstickstoffquotient steigt auf diese Weise bei allen drei untersuchten Organen wenigstens beim Hunde. Beim Huhn allerdings sinkt der Quotient eher etwas. Doch sind alle diese Verschiebungen sowohl nach oben wie nach unten unbedeutend.

Wichtigere Aufschlüsse werden wir erhalten können, wenn wir an die Stelle des Gesamtphosphors den an Eiweifs gebundenen Phosphor setzen. Das Verhältnis des Eiweifses zu diesem ist ja

ein chemisches und dadurch ein engeres als zu den anderen Teilen des Gesamtphosphors, zu denen in erster Linie physikalische oder physikalisch-chemische Beziehungen existieren, ja die teilweise ohne nähere Beziehungen zum Eiweifs in der Zelle abgelagert sein können. Auf die Frage, ein wie grofser Teil des in den Zellen vorhandenen Eiweifses mit Phosphor chemisch verbunden ist, ob aufser den Nukleoproteiden noch andere phosphorhaltige Eiweifskörper in den Zellen existieren, und wie ihre Verteilung auf Kern und Protoplasma statthat, soll hier nicht eingegangen werden; im allgemeinen wissen wir davon sehr wenig. Jedenfalls aber ist die Vorstellung erlaubt und wahrscheinlich, dafs wenn in der angenommenen Weise Eiweifs in »toter« Form als Zelleinschlufs ohne Beteiligung am Stoffwechsel der Zellen in diese aufgenommen wird, dafs es sich dann nicht in der Weise mit Phosphor chemisch verbindet, wie es gerade für die Eiweifskörper des Protoplasmas der Zellen, der im Sinne Pflügers[1]) eigentlichen »lebendigen« Substanz charakteristisch ist. Wir würden also für den Fall der Ablagerung von Zelleinschlufseiweifs in ein Organ erwarten dürfen, dafs das Verhältnis des Eiweifsphosphors zum Eiweifsstickstoff sich verändern wird, und zwar im Sinne einer relativen Vermehrung des letzteren.

In der folgenden Tabelle sind die Verhältniszahlen von Eiweifsphosphor zu Eiweifsstickstoff in meinen Versuchen berechnet worden. (Teil I der folgenden Tabelle.)

Die Verhältnisse bei Muskulatur und Nieren können kurz behandelt werden. Die Schwierigkeiten, die sich der Bestimmung des Eiweifsphosphors in der Muskulatur in den Weg stellten, habe ich bereits angegeben. Sie wurde daher bei einem grofsen Teil der Hunde nicht ausgeführt. Bei den Hühnern geschah sie mit zwei Ausnahmen. Die errechneten Werte habe ich mitgeteilt, möchte aber auf sie kein grofses Gewicht legen, da die Doppelanalysen eben wegen der in der geringen absoluten Menge begründeten Schwierigkeiten zum Teil nicht befriedigend übereinstimmten. Die Durchschnittswerte für die Hungertiere und

1) Vgl. Pflüger, Beiträge zur Lehre von der Respiration etc. Pflügers Archiv Bd. 10 S. 251.

Tabelle IV.

	Es beträgt der Gehalt an Eiweiſs-P im Verhältnis zum Gehalt an Eiweiſs-N (= 100)			Gehalt an Gesamt-P (= 100)		
	in der Leber	in den Nieren	in den Muskeln[1])	in der Leber	in den Nieren	in den Muskeln[1])
Hund I	3,189	2,943	0,721	29,72	25,73	10,20
» II	3,106	3,015	—	27,43	26,66	—
» III	3,248	3,351	—	29,00	28,29	—
» IV	3,095	3,089	—	27,61	26,87	—
» V	—	—	—	—	—	—
» VI	—	—	—	—	—	—
Mittel der Masthunde	**3,159**	**3,099**	0,721	**28,44**	**26,89**	10,20
Hund VII	3,535	3,065	0,893	31,38	29,17	13,54
» VIII	3,203	2,818	0,590	32,90	24,87	8,66
» IX	3,464	3,225	—	31,73	30,26	—
» X	3,713	2,975	—	30,69	23,59	—
Mittel d. Hungerhunde	**3,479**	**3,021**	0,742	**31,68**	**26,97**	11,10
Huhn I	4,951	—	0,577	36,83	—	8,41
» II	4,200	—	0,570	34,28	—	7,76
Mittel I, II	4,575	—	0,574	35,55	—	8,09
Huhn III	5,071	—	0,757	36,93	—	9,56
» IV	5,071	—	0,757	36,93	—	9,56
» V	3,969	—	—	29,73	—	—
» VI	3,719	—	—	30,78	—	—
Mittel III—VI	4,457	—	0,757	33,59	—	9,56
Huhn VII	3,697	—	0,637	33,95	—	9,06
» VIII	3,862	—	—	34,60	—	—
» IX	3,733	—	0,713	34,36	—	10,14
» X	3,733	—	0,713	34,36	—	10,14
Mittel VII—X	3,756	—	0,688	34,32	—	9,78
Mittel der Masthühner	**4,201**	—	**0,675**	**34,27**	—	**9,23**
Huhn XI	4,559	—	0,641	37,02	—	8,60
» XII	4,659	—	0,653	39,80	—	8,88
Mittel XI, XII	4,609	—	0,647	38,41	—	8,74
Huhn XIII	4,748	—	0,700	38,17	—	9,39
» XIV	4,748	—	0,700	38,17	—	9,39
» XV	4,016	—	0,666	35,65	—	9,84
» XVI	4,016	—	0,666	35,65	—	9,84
Mittel XIII—XVI	4,382	—	0,683	36,91	—	9,62
Mittel d. Hungerhühner	**4,458**	—	**0,671**	**37,61**	—	**9,33**

1) Muskeln beim Hund: M. tibialis anticus, extensor digitor. pedis longus und gastrocnemius; beim Huhn: Muskulatur d. l. Ober- und Unterschenkels.

die gemästeten Tiere sind trotzdem fast identisch. Auch die Werte, die bei den Hundenieren erhalten wurden, sind für Hunger- und Mastzustand fast genau übereinstimmend. Bis hierhin ist also nichts zu finden, was man auf Zelleinschlufseiweifs beziehen könnte.

Anders sind die Zahlen, die von der Leber erhalten wurden. Beim Hunde sinkt das Verhältnis des Eiweifsphosphors zum Eiweifsstickstoff in der Leber der gemästeten Tiere gegenüber den Hungertieren um $\frac{3{,}479 - 3{,}159}{0{,}03479} = \frac{0{,}320}{0{,}03479} = 9{,}19\ \%$. Das ist nicht viel, es ist aber doch nicht möglich, an dieser Differenz ganz vorüberzugehen, wenn man die Einzelwerte betrachtet; sie weichen besonders bei den Masttieren nur wenig von den Durchschnittswerten ab, so dafs mit einer Ausnahme auch die Einzelwerte im selben Betrage voneinander abstehen, wie die Durchschnittswerte.

Bei den Hühnern ist die Differenz erheblich geringer, wenn man die Gesamtdurchschnittswerte ins Auge fafst. Sie beträgt nur $\frac{4{,}458 - 4{,}2006}{0{,}04458} = \frac{0{,}257}{0{,}04458} = 5{,}77\ \%$. Die Einzelwerte zeigen erheblich gröfsere Schwankungen wie bei der Hundeleber. Insbesondere weisen einzelne der mit phosphorreicher vegetabilischer Kost gemästeten Tiere einen hohen relativen Gehalt an Eiweifsphosphor auf. Anderseits ist derjenige der mit Fischfleisch gefütterten Tiere besondere niedrig. Wenn man diesen mit dem Quotienten der Hungertiere vergleicht, erhält man $\frac{4{,}458—3{,}756}{0{,}04458} = \frac{0{,}702}{0{,}04458} = 15{,}75\ \%$ Abnahme im Verhältnis des Eiweifsphosphors zum Eiweifsstickstoff. Auch das ist keine grofse Differenz. Sie wird aber immerhin in Betracht gezogen werden müssen, wenn sie auch nicht im allerentferntesten an diejenige in dem Kosselschen[1]) Versuch heranreicht. In diesem sank, wie oben ausführlich erwähnt worden ist, das Verhältnis des Eiweifsphosphors zum Gesamtstickstoff beim Masttier auf die

1) Kossel, a. a. O. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 7.

Hälfte des Wertes beim Hungertier. Die geringe Übereinstimmung meiner Versuche mit denjenigen Kossels genügend aufzuklären, bin ich aufserstande. Der Blutgehalt der Leber bei den Hunger- und Masttieren der Kosselschen Versuche kann sehr verschieden grofs gewesen sein und dadurch die Höhe der Differenz vorgetäuscht haben. Über den möglichen Umfang dieser Fehlerquelle ist oben schon ausführlich gesprochen worden. Ich glaube aber nicht, dafs sie so bedeutend gewesen ist, um die ganze Differenz mit ihr zu erklären. Jedenfalls mufs ich der grofsen Zahl von meinen Versuchen, die auf gut übereinstimmenden Doppelanalysen beruhen, einen gröfseren Wert beimessen als dem Einzelversuch Kossels.

Was besagt nun die geringe Abnahme des Eiweifsphosphors im Vergleich zum Eiweifsstickstoff, die ich bei der Hundeleber und weniger sicher bei der Hühnerleber im Zustande der Fleischmast finden konnte, für die Frage der Existenz als Zelleinschlufseiweifs? Jedenfalls ist sie — wenn man von dem oben erwähnten Verhalten des Quotienten von Gesamtphosphor zu Gesamtstickstoff in der Hühnerleber absieht — unter den Befunden meiner Organuntersuchungen der einzige, der in dieser Hinsicht einen wirklichen positiven Anhalt bietet. Sehr viel mehr als ein Anhalt für die Möglichkeit der Existenz des Zelleinschlufseiweifses wird man aber in ihm nicht erblicken können. Denn bei dem geringen Betrage der Verschiebung besteht eben doch auf der anderen Seite gut die Möglichkeit, dafs die Zellen ihren Bestand an phosphorarmen oder phosphorfreien Eiweifskörpern erhöht haben, ohne dafs dieselben deswegen als toter Zelleinschlufs zu bezeichnen sind. Keinesfalls wird dadurch das umgestofsen, was aus den vorhergehenden Teilen meiner Untersuchungen zu schliefsen war, nämlich dafs das Zelleinschlufseiweifs eine irgendwie beträchtliche Rolle im Gesamtstoffwechsel der von mir untersuchten Tiere nicht spielen kann.

Dabei mufs noch berücksichtigt werden, worauf weiter oben schon hingewiesen worden ist, dafs die Leber durch ihre Fähigkeit, einseitig Eiweifs aufzustapeln, geradezu prädisponiert wäre, Zelleinschlufseiweifs aufzunehmen, dafs also ihre Eigenschaften

in diesem Punkte nicht auf den übrigen Organismus übertragen werden dürfen.

In bezug auf die von Lüthje angestellten Versuche am Menschen (s. o. p. 9 f.) wird man sagen müssen, dafs meine Untersuchungen keine Stütze dafür gegeben haben, Stickstoffretentionen von so grofser Ausdehnung, wie sie dort ohne gleichzeitigen Wasseransatz sattgefunden haben, auch nur zu einem wesentlichen Bruchteil auf Bildung von Zelleinschlufseiweifs zu beziehen.

Zum Schlusse ist mein Zahlenmaterial noch zur Aufstellung von zwei Vergleichswerten zu verwenden, die zwar im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur ein sekundäres Interesse beanspruchen, aber doch wichtig genug sind, dafs sie nicht übergangen werden dürfen.

Das ist einmal das Verhältnis des Nichteiweifsstickstoffs (Reststickstoff) zum Gesamtstickstoff. Es ist wohl möglich, dafs bei Stickstoffmast der Reststickstoff besonders zunimmt und auf diese Weise einen gröfseren Anteil am Gesamtstickstoff gewinnt. Dafs eine solche Verschiebung nicht so grofs sein kann, dafs sie sich im Gesamtstickstoff-Stoffwechsel des Organismus erheblich ausdrückt, ist allerdings schon durch das Verhalten des Quotienten von Gesamtphosphor zu Gesamtstickstoff dargetan. Denn da der Reststickstoff natürlich nicht mit Phosphor verbunden ist, hätte eine praktisch erhebliche Vermehrung desselben zu einer Verminderung des Phosphorstickstoffquotienten führen müssen, was eben nicht der Fall ist. Es kann sich hier also nur darum handeln, ob geringere Verschiebungen gesetzmäfsig nachweisbar sind, die ein mehr theoretisches Interesse hätten.

Es ist bei der Besprechung meiner Versuchsmethode bereits darauf hingewiesen worden, dafs die Reststickstoffzahlen, die ich ausrechnen konnte, relativ ungenau sind. Es kommt das daher, dafs sie aus der Differenz zweier erheblich gröfserer Werte gewonnen sind, so dafs die Fehler, die diesen anhaften, bei ihnen relativ mehrfach vergröfsert erscheinen mufsten. Es war aber zu erwarten, dafs sich in den Durchschnittszahlen diese Fehler ziemlich ausgleichen würden. Trotzdem habe ich darauf verzichtet, die für den Quotienten von Reststickstoff zu Gesamtstickstoff ausgerechneten Zahlen hier ausführlich wiederzugeben. Der Grund dafür liegt darin, dafs die Einzelzahlen Differenzen aufweisen, die sehr erheblich über das Mafs dessen hinausgehen, was durch die Ungenauigkeit der Untersuchungsmethode begründet sein kann. Sie belaufen sich in mehreren Fällen auf die Hälfte des niedrigsten Quotienten und gehen bei den Lebern der mit Fischfleisch gefütterten Hühner sogar über diesen Betrag noch hinaus. Woher diese starken Schwankungen kommen, ist vorläufig nicht zu sagen. Sie stimmen aber durchaus mit dem überein, was von dem Reststickstoffwert des Blutes bekannt ist, der

von anderen Autoren mehrfach untersucht worden ist. Erst Bergmann und Langstein[1]) haben auf diese Schwankungen wieder aufmerksam gemacht. Bei ihnen waren sie sogar noch gröfser, so dafs der unter ähnlichen Versuchsbedingungen gefundene Reststickstoffwert in einem Falle fast das Doppelte des niedrigsten Wertes betrug (14,7 und 7,7 %).

Da nun die Durchschnittszahlen des genannten Quotienten bei den gemästeten und den Hungertieren, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist, im Verhältnis zu der erheblichen Schwankung der Einzelwerte nur mäfsig voneinander differierten, wobei sich die Differenz bei den Hunden und Hühnern in verschiedener Richtung bewegte, so halte ich es nicht für zulässig, aus ihnen bindende Schlüsse zu ziehen. Man wird in ihnen nur eine Bestätigung dessen erblicken, was bereits das Verhalten des Phosphorstickstoffquotienten bewies, dafs nämlich eine wesentliche Beeinflussung des Gesamtstickstoff-Stoffwechsels seitens des Reststickstoffs nicht stattfindet.

	Prozentanteil des Rest-N am Gesamt-N		
	in der Leber	in der Niere	in der Muskulatur
Masthunde	11,61	15,77	15,14
Hungerhunde . . .	10,57	12,99	13,27
Masthühner	12,03	—	12,17
Hungerhühner . . .	12,57	—	14,39

Endlich ist noch das gegenseitige Verhältnis von Eiweifsphosphor zu Gesamtphosphor zu betrachten. Die rechte Hälfte der Tabelle IV enthält die einschlägigen Zahlen. Aus ihnen ist zu ersehen, dafs das Verhältnis von Eiweifsphosphor zum Gesamtphosphor in den Durchschnittszahlen sich ganz ähnlich verhält, wie das Verhältnis von Eiweifsphosphor zu Eiweifsstickstoff. Auch hier ist der relative Anteil des Eiweifsphosphor bei den Lebern der gemästeten Tiere geringer als bei denen der Hungertiere. Grofs sind die Verschiebungen überhaupt nicht, sie betragen bei Hühnern und Hunden gleichmäfsig rd. 10 % des Eiweifsphosphors. Die Nieren und die Muskulatur weisen auch hier keine in Betracht kommenden Differenzen auf. Die Einzelzahlen weichen ebenso wie in dem anderen Teil der Tabelle nur wenig von den Durchschnittszahlen ab, so dafs bei den Hundelebern der Maximalbetrag der gemästeten Tiere noch deutlich

1) Bergmann u. Langstein, Über die Bedeutung des Reststickstoffs etc. Hofmeisters Beitr. Bd. 6 S. 27.

unter dem Minimalbetrag der Hungertiere bleibt. Bei den Hühnerlebern sind die Differenzen der Einzelbeträge allerdings erheblicher, aber es hat hier doch eine gröfsere Ausgleichung stattgefunden als bei dem Quotienten von Eiweifsphosphor zu Eiweifsstickstoff, so dafs die mit Fischfleisch gefütterten Hühner sich hier nicht vom Gesamtdurchschnitt der Masttiere entfernen. Nieren und Muskulatur geben zu besonderen Bemerkungen hinsichtlich der Einzelwerte keinen Anlafs.

Da es sich in diesem Augenblick nur noch um die Beurteilung des Phosphorstoffwechsels allein handelt, nicht mehr um seine Beziehungen zum Stickstoffstoffwechsel, so werden wir als das wesentliche Ergebnis nicht die Tatsache ansehen, dafs der Quotient von Eiweifsphosphor zu Gesamtphosphor im Mastzustande etwas abnimmt, sondern vielmehr die, dafs diese Abnahme so gering ist. Die relative Konstanz des Quotienten ist etwas Neues und Interessantes.

Damit komme ich dazu, die mannigfaltigen Tatsachen, die bisher aus meinen Untersuchungen zusammengestellt werden konnten, unter einem einheitlichen Gesichtspunkte zu betrachten.

Trenne ich sie in solche Vorgänge, welche die Gesamtmenge des in den Organen enthaltenen Phosphors und Stickstoffs betreffen, und in solche, die sich auf die relative Verteilung beider Körper beziehen, so ergibt sich ein prinzipieller Unterschied: Ebenso wie die Gesamtmasse der Organe mit dem Ernährungszustand steigt und fällt, so verändert sich auch die Gesamtmenge des in ihnen enthaltenen Stickstoffs mit dem Ernährungszustande in hohem Grade; das gleiche gilt von der Gesamtmenge des Phosphors, wie aus dessen enger Verknüpfung mit dem Stickstoffgehalt ohne weiteres hervorgeht; dabei zeigt die Leber eine deutliche Tendenz, diese Stoffe im Mastzustande in höherem Grade in sich aufzunehmen als die anderen Organe. Die chemische Zusammensetzung der Organe dagegen, das »Organgefüge«, verhält sich in bezug auf Stickstoff und Phosphor ganz anders: während wir von Glykogen und Fett wissen, dafs sie im Zustande

der Mast auch relativ in den Organen zunehmen und so die Zusammensetzung derselben ändern, zeigen Phosphor und Stickstoff eine grofse Tendenz zur Konstanz, die in allen untersuchten Organen zum Ausdruck kommt; sie prägt sich aus sowohl im gegenseitigen Verhältnis der beiden Stoffe, als in ihrer Verteilung auf die verschiedenen Formen, in der sie in den Organen vorkommen. Wir haben allerdings im einzelnen manches gesehen, was zeigt, dafs diese Tendenz nicht durchgehend ist, aber das hindert nicht, dafs wir prinzipiell sagen müssen: während die in den Organen enthaltenen absoluten Mengen von Phosphor und Stickstoff unter den verschiedenen Ernährungszuständen mannigfaltig und stark wechseln, zeigt die relative chemische Zusammensetzung der Organe, soweit sie diese beiden Körper betrifft, unter derselben Variation der Bedingungen keine oder nur unvergleichlich geringere Anderungen.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Stoffwechselversuche durch Aufstellung von Einfuhr- und Ausfuhrbilanzen sind nicht imstande, die Frage, ob aufser in Form von vollwertigem Organeiweifs Stickstoff noch in anderer Form angesetzt werden kann, hinlänglich aufzuklären. Insbesondere sind Vergleiche von Stickstoff-, Phosphor- und Kalziumbilanzen dazu nicht geeignet. Der klassische Versuch Munks über den Zusammenhang des Stoffwechsels dieser drei Körper beim Hungerhunde weist an der entscheidenden Stelle einen Rechenfehler auf, derart, dafs seine Bedeutung ins Gegenteil verkehrt wird.

   Untersuchungen der Organe auf die Verteilung des Stickstoffs und Phosphors in ihnen sind am ehesten geeignet, die Fragen nach Form und Ort des Eiweifsansatzes zu fördern.

2. Bei vergleichenden quantitativen Organuntersuchungen ist es notwendig, das Blut zu entfernen. Bei der Ausspülung mit physiologischer Kochsalzlösung wird Eiweifsstickstoff gar nicht, sonstiger Stickstoff und Phosphor nur in unbedeutenden Quantitäten ausgespült.

3. Die Leber nimmt im Zustande der Eiweifsmast mehr Eiweifs auf und gibt im Hunger mehr Eiweifs ab als Nieren und Muskulatur. Dieses Mehr beläuft sich durchschnittlich auf 30—60%, wobei die niedrigeren Zahlen dem Hunde, die höheren den Hühnern angehören; doch kann infolge von Ungesetzmäfsigkeiten im Mastverlaufe sowohl nach oben wie nach unten eine erhebliche Verschiebung stattfinden.

4. Das Verhältnis von Gesamtphosphor zu Gesamtstickstoff bleibt beim Hunde in jedem der untersuchten Organe unter verschiedenen Ernährungszuständen im Durchschnitt konstant. Beim Huhn ist derselbe Quotient für die Muskulatur ebenfalls konstant, für die Leber ist ein geringes Sinken desselben bei Eiweifsmast, ein mäfsiges Steigen bei phosphorreicher vegetabilischer Nahrung zu konstatieren.

   Die Organuntersuchungen geben den bis jetzt fehlenden Nachweis dafür, dafs im bilanzmäfsigen Stoffwechselversuch das Verhältnis zwischen dem auf »Körperfleisch« zu beziehenden Phosphor und Stickstoff praktisch als konstant anzusehen ist. Für den Hund ist der Quotient $P_2O_5 : N = 1 : 7{,}1$, wenn man Muskulatur und Drüsen in ihrem relativen Anteil an der Körpermasse und am Stickstoffstoffwechsel in Betracht zieht.

5. Der Quotient von Eiweifsphosphor zu Eiweifsstickstoff zeigt bei der Hundeleber im Mastzustande ein zwar geringes, aber in allen Einzelfällen vorhandenes Absinken. Es ist möglich, diese Veränderung auf Zelleinschlufseiweifs zu beziehen, doch ist der Beweis nicht als zwingend anzusehen. Jedenfalls ist in Anbetracht des Verhaltens des Quotienten von Gesamtphosphor zu Gesamtstickstoff der Ansatz von irgendwie beträchtlicheren Mengen von Zelleinschlufseiweifs oder stickstoffhaltigen Nichteiweifskörpern beim Hunde und Huhn auszuschliefsen.

6. Der Quotient von Reststickstoff zu Gesamtstickstoff der Organe zeigt grofse Schwankungen und ungesetzmäfsiges Verhalten; jedenfalls aber weisen Mast- und Hungerzustand nur mäfsige Differenzen in demselben auf.

7. Der Quotient von Eiweifsphosphor zu Gesamtphosphor zeigt für die Hundeleber im Mastzustand ein geringes Absinken und verläuft auch sonst dem Quotienten von Eiweifsphosphor zu Eiweifsstickstoff fast parallel.

8. Im allgemeinen kann gesagt werden, dafs bei den untersuchten Organen, soweit Stickstoff und Phosphor in Betracht kommen, eine grofse Tendenz besteht, im Hunger wie im Mastzustande trotz aller Veränderung der absoluten Mengen beider Körper dieselbe relative Zusammensetzung beizubehalten.

Analysen-

Tier	Organ	Bestimmung der lufttrocknen Substanz: feuchte Substanz g	lufttrockne Substanz g	% der feuchten	Bestimmung der absolut trocknen Substanz: luftrockne Substanz g	absolut trockne Substanz g	% der lufttrocknen	Bestimmung des: luftrockne Substanz g	$^1/_{10}$ normal NaOH ccm
Hund I	Leber	126,1	36,48	28,92	0,544	0,496	91,26	1,415	100,65
		—	—	—	—	—	—	1,180	84,6
	Nieren	25,8	4,54	17,58	0,388	0,359	92,35	0,572	47,45
		—	—	—	—	—	—	0,485	40,5
	Muskeln	31,1	7,75	24,90	0,296	0,274	92,74	0,642	57,1
		—	—	—	—	—	—	0,494	44,65
Hund II	Leber	109,4	32,42	29,61	0,422	0,389	92,31	0,834	57,5
		—	—	—	—	—	—	0,694	48,8
	Nieren	20,7	3,79	18,36	0,452	0,418	92,48	0,428	34,1
		—	—	—	—	—	—	0,355	28,95
	Muskeln	31,6	8,10	25,59	0,609	0,563	92,39	0,378	34,25
		—	—	—	—	—	—	0,376	33,85
Hund III	Leber	107,8	30,48	28,27	0,476	0,432	90,66	0,673	47,9
		—	—	—	—	—	—	0,661	46,3
	Nieren	25,6	4,38	17,13	0,292	0,263	90,18	0,366	28,4
		—	—	—	—	—	—	0,475	36,8
	Muskeln	42,7	11,33	26,53	0,401	0,366	91,26	0,526	46,3
		—	—	—	—	—	—	0,530	46,4
Hund IV	Leber	89,3	23,00	25,76	0,336	0,307	91,35	0,830	59,65
		—	—	—	—	—	—	0,614	44,6
								0,566	40,95
	Nieren	15,3	2,89	18,86	0,183	0,168	91,65	0,224	18,35
		—	—	—	—	—	—	0,327	25,95
								0,225	18,2
	Muskeln	69,1	19,39	28,07	0,533	0,491	91,98	0,720	58,9
		—	—	—	—	—	—	0,730	59,6
Hund V	Leber	240,1	67,3	28,03	0,843	0,750	88,91 } 89,09	0,761	49,0
		—	—	—	0,922	0,823	89,26 }	1,356	85,3
	Nieren	15,2	2,84	18,65	0,332	0,306	92,20 } 92,37	—	—
		—	—	—	0,239	0,221	92,55 }	—	—
	Muskeln	18,9	4,71	24,96	0,416	0,383	92,15 } 92,25	0,692	61,25
		—	—	—	0,385	0,356	92,34 }	0,534	46,85
Hund VI	Leber	53,5	15,49	28,95	1,339	1,235	92,21 } 92,27	1,602	105,25
		—	—	—	1,261	1,164	92,33 }	1,376	91,63
	Nieren	14,2	2,71	19,08	0,280	0,264	94,49	0,591	46,15
		—	—	—	—	—	—	0,443	35,5

1) Vgl. die Bemerkungen bei der Generaltabelle.

Belege.[1])

Gesamt-N		Bestimmung des Gesamt-P				Bestimmung des Eiweifs-N				Bestimmung des Eiweifs-P			
N-Gehalt der lufttrocknen Substanz		lufttrockne Substanz	$^1/_2$ normal NaOH	P^2)-Gehalt der lufttrocknen Substanz		feuchte Substanz	$^1/_{10}$ normal NaOH	N-Gehalt der feuchten Substanz		feuchte Substanz	$^1/_2$ normal NaOH	P^2)-Gehalt der feuchten Substanz	
einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %
9,97	10,01	1,855	30,55	0,912	0,927	5,268	93,9	2,497	2,497	11,094	16,31	0,082	0,080
10,05		1,317	22,37	0,941		—	—	—		11,769	16,35	0,078	
11,63	11,66	1,127	22,73	1,117	1,137	5,059	63,3	1,753	1,748	10,942	10,02	0,051	0,051
11,70		0,903	18,87	1,158		4,672	58,15	1,744		10,032	9,38	0,052	
12,46	12,56	1,645	22,50	0,758	0,750	2,727	52,65	2,705	2,644	11,167	3,94	0,019	0,019
12,67		1,406	18,86	0,743		4,074	75,1	2,583		13,758	4,62	0,019	
9,66	9,75	1,104	20,11	1,009	0,992	3,59	66,2	2,585	2,594	12,193	17,66	0,080	0,081
9,84		1,050	18,49	0,975		3,417	63,5	2,604		13,355	19,49	0,081	
11,17	11,29	0,744	14,65	1,090	1,092	3,374	42,75	1,775	1,773	8,038	7,78	0,054	0,053
11,42		0,747	14,75	1,094		3,298	41,7	1,771		7,669	7,38	0,053	
12,70	12,66	1,055	14,17	0,744	0,739	3,171	63,2	2,792	2,747	—	—	—	—
12,63		1,146	15,15	0,732		3,597	69,4	2,703		—	—	—	—
9,96	9,89	1,042	19,10	1,015	1,000	3,301	59,2	2,513	2,525	10,900	15,9	0,081	0,082
9,82		1,224	21,78	0,986		3,373	61,1	2,538		10,931	16,42	0,083	
10,88	10,86	0,971	19,19	1,095	1,105	4,048	44,9	1,554	1,598	10,242	9,8	0,053	0,054
10,85		0,768	15,47	1,116		2,787	33,1	1,664		10,899	10,64	0,054	
						3,472	39,0	1,576					
12,34	12,30	1,179	13,67	0,642	0,655	3,483	69,5	2,796	2,799	—	—	—	—
12,27		1,354	16,31	0,667		3,611	75,65	2,803		—	—	—	—
10,06	10,12	1,289	23,36	1,004	0,999	4,060	66,95	2,310	2,295	11,264	14,40	0,071	0,071
10,17		1,527	27,38	0,993		4,323	70,15	2,273		11,764	15,12	0,071	
10,13						3,717	61,1	2,303					
11,46	11,31	0,778	14,88	1,060	1,067	3,327	41,6	1,752	1,751	8,946	8,68	0,054	0,054
11,11		0,792	15,38	1,075		4,403	56,0	1,782		7,491	7,36	0,054	
11,35						5,056	62,0	1,718					
11,46	11,44	1,936	23,72	0,669	0,669	4,218	86,0	2,857	2,825	—	—	—	—
11,43		1,710	20,33	0,658		4,049	80,75	2,794		—	—	—	—
9,01	8,91	1,471	25,88	0,975	0,980	5,111	82,45	2,260	2,204	—	—	—	—
8,81		1,557	27,96	0,995		3,911	60,00	2,149		—	—	—	—
		1,535	26,94	0,972									
—	—	—	—	—	—	5,672	65,1	1,608	1,588	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	4,740	53,05	1,568		—	—	—	—
12,41	12,35	0,952	12,60	0,733	0,721	5,481	98,0	2,505	2,505	—	—	—	—
12,30		1,094	14,01	0,709		—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	9,27	2,805	49,86	0,985	0,995	4,508	74,09	2,303	2,319	—	—	—	—
9,33		1,957	35,51	1,005		5,743	95,73	2,335		—	—	—	
10,93	11,08	0,742	14,40	1,075	1,096	2,756	34,03	1,730	1,743	—	—	—	—
11,22		0,458	9,23	1,117		3,275	41,05	1,756		—	—	—	

2) 1 ccm $^1/_2$ normal NaOH = 0,55401 mg P.

Tier	Organ	Bestimmung der lufttrocknen Substanz: feuchte Substanz g	lufttrockne Substanz g	lufttrockne Substanz % der feuchten	Bestimmung der absolut trocknen Substanz: lufttrockne Substanz g	absolut trockne Substanz g	absolut trockne Substanz % der lufttrocknen	Bestimmung des: lufttrockne Substanz g	$^1/_{10}$ normall. NaOH ccm
Hund VII	Leber	85,25	22,95	26,92	0,874	0,808	92,43 } 92,46	0,822	68,1
		—	—	—	0,553	0,512	92,48 }	0,702	58,28
	Nieren	10,89	2,11	19,38	0,110	0,103	93,52	0,245	19,75
		—	—	—	—	—	—	0,283	23,1
	Muskeln	39,40	9,41	23,95	0,301	0,278	92,13	0,852	77,85
		—	—	—	—	—	—	0,948	85,55
Hund VIII	Leber	107,47	29,03	27,01	0,676	0,626	92,72	0,604	49,0
		—	—	—	—	—	—	0,562	46,07
	Nieren	18,91	3,92	20,73	0,242	0,225	92,81	0,472	34,8
		—	—	—	—	—	—	0,462	34,1
	Muskeln	64,15	16,30	25,41	0,589	0,542	91,95	0,526	46,35
		—	—	—	—	—	—	0,653	56,44
Hund IX	Leber	60,85	17,43	28,64	0,401	0,364	90,66	0,366	31,25
		—	—	—	—	—	—	0,549	46,1
	Nieren	10,47	2,33	22,30	0,337	0,292	86,59	0,234	17,45
		—	—	—	—	—	—	0,191	14,15
	Muskeln	46,38	12,00	25,87	0,784	0,681	86,86	0,622	56,25
		—	—	—	—	—	—	0,541	49,3
Hund X	Leber	67,43	20,44	30,32	0,514	0,486	94,50	1,358	91,75
		—	—	—	—	—	—	1,301	87,65
	Nieren	10,27	2,10	20,49	0,211	0,197	93,64	0,230	17,5
		—	—		—	—	—	0,220	16,65
	Muskeln	41,14	11,09	26,97	0,569	0,524	91,96	0,523	44,5
		—	—	—	—	—	—	0,660	56,85
Huhn I	Leber	19,38	4,50	23,22	0,403	0,370	91,74	0,737	42,15
		—	—	—	—	—	—	0,455	26,0
	Muskeln	48,06	12,76	26,55	0,562	0,511	90,86	0,704	65,40
		—	—	—	—	—	—	0,717	64,90
Huhn II	Leber	14,10	3,60	25,53	0,326	0,295	90,29	0,227	15,57
		—	—	—	—	—	—	0,376	25,3
	Muskeln	38,11	10,01	26,27	0,669	0,602	89,98	0,625	55,5
		—	—	—	—	—	—	0,658	59,07
Huhn III u. IV	Leber	53,25	17,71	33,26	0,380	0,361	94,87	0,511	20,55
		—	—	—	—	—	—	0,502	20,15
	Muskeln	49,56	12,99	26,21	0,359	0,325	90,52	0,840	69,95
		—	—	—	—	—	—	0,663	56,55

Gesamt-N		Bestimmung des Gesamt-P				Bestimmung des Eiweifs-N				Bestimmung des Eiweifs-P			
N-Gehalt der lufttrocknen Substanz		luft-trockne Sub-stanz	$^1/_2$ normal NaOH	P-Gehalt der lufttrocknen Substanz		feuchte Sub-stanz	$^1/_{10}$ normal NaOH	N-Gehalt der feuchten Substanz		feuchte Sub-stanz	$^1/_2$ normal NaOH	P-Gehalt der feuchten Substanz	
einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %
11,61	11,62	2,247	46,4	1,144	1,151	4,482	88,06	2,753	2,751	9,835	16,8	0,095	0,097
11,62		2,709	56,59	1,157		4,046	79,4	2,749		9,946	17,93	0,100	
11,30	11,36	0,414	8,03	1,075	1,057	1,997	27,55	1,933	1,949	6,661	7,01	0,058	0,060
11,42		0,520	9,76	1,040		2,789	39,12	1,965		9,436	10,42	0,061	
12,80	12,72	1,158	15,48	0,740	0,731	4,822	92,05	2,674	2,646	9,019	3,76	0,023	0,024
12,64		1,107	14,40	0,721		5,172	96,65	2,618		11,907	5,20	0,024	
11,36	11,42	1,268	25,58	1,118	1,097	4,67	94,55	2,839	2,822	9,001	14,58	0,090	0,090
11,48		1,351	26,25	1,076		5,068	101,5	2,806		9,524	15,65	0,091	
10,32	10,33	0,762	13,73	0,997	1,011	3,799	51,0	1,881	1,850	11,31	10,31	0,050	0,052
10,35		0,817	15,12	1,025		3,040	39,5	1,820		10,387	10,08	0,054	
12,34	12,23	1,934	26,16	0,749	0,748	3,791	74,55	2,755	2,787	13,801	4,33	0,017	0,016
12,11		1,010	13,6	0,746		3,785	76,2	2,820		13,101	3,67	0,016	
11,97	11,87	1,370	28,05	1,134	1,154	4,050	87,1	3,013	3,028	9,017	16,84	0,103	0,105
11,77		1,299	27,52	1,174		3,900	84,7	3,043		11,254	21,61	0,106	
10,43	10,40	0,595	10,27	0,957	0,952	2,487	35,55	2,003	2,011	7,067	8,43	0,066	0,065
10,38		0,592	10,12	0,947		2,887	41,6	2,019		8,321	9,56	0,064	
12,66	12,71	1,432	16,86	0,652	0,663	4,790	96,4	2,820	2,823	—	—	—	—
12,76		0,862	10,50	0,675		4,405	88,9	2,827		—	—	—	
9,46	9,45	1,882	34,67	1,021	1,021	4,197	76,8	2,564	2,557	8,132	14,02	0,095	0,095
9,44		1,613	29,71	1,020		3,393	61,45	2,537		8,663	14,76	0,094	
						3,890	71,4	2,572					
10,68	10,72	1,345	28,35	1,168	1,168	3,500	46,25	1,851	1,897	6,713	7,02	0,058	0,056
10,75		—	—	—		3,057	42,4	1,943		8,327	8,26	0,055	
11,92	11,99	1,654	22,43	0,751	0,740	3,753	73,55	2,746	2,727	—	—	—	—
12,07		1,529	19,88	0,720		3,230	62,45	2,709		—	—	—	
		1,546	20,86	0,747									
8,01	8,01	0,939	16,34	0,964	0,974	2,166	25,8	1,669	1,683	9,670	14,52	0,083	0,083
8,00		0,761	13,52	0,984		2,754	33,35	1,697		7,283	10,97	0,083	
13,02	12,85	1,850	25,69	0,769	0,782	2,228	48,75	3,065	3,027	11,850	3,60	0,017	0,017
12,69		1,303	18,71	0,795		2,718	58,0	2,990		11,756	3,85	0,018	
9,61	9,52	1,185	21,91	1,024	1,037	2,353	36,25	2,158	2,161	8,767	13,97	0,088	0,091
9,43		0,764	14,47	1,049		3,517	54,35	2,165		8,412	14,16	0,093	
12,43	12,50	1,320	19,8	0,831	0,830	1,770	37,2	2,945	2,968	12,43	3,75	0,016	0,017
12,57		1,187	17,78	0,830		3,150	67,3	2,991		10,95	3,39	0,017	
5,64	5,63	1,012	12,08	0,661	0,669	3,949	45,9	1,628	1,620	11,994	18,05	0,083	0,082
5,63		0,950	11,6	0,676		4,569	52,6	1,613		10,199	14,90	0,081	
11,67	11,81	1,013	14,01	0,766	0,760	4,505	87,4	2,718	2,718	15,608	5,39	0,019	0,019
11,95		1,504	20,46	0,754		4,505	12,5[1]	0,389[1]		14,214	4,87	0,019	
						3,891	11,1[1]	0,400[1]					

1) Rest-N.

Tier	Organ	Bestimmung der lufttrocknen Substanz: feuchte Substanz g	lufttrockne g	lufttrockne % der feuchten	Bestimmung der absolut trocknen Substanz: lufttrockne Substanz g	absolut trockne Substanz g	absolut trockne % der lufttrocknen	Bestimmung des: lufttrockne Substanz g	$^1/_{10}$ normal NaOH ccm
Huhn V	Leber	36,89	16,49	44,70	0,475	0,453	95,30	0,347	9,00
		—	—	—	—	—	—	0,346	9,05
	Muskeln	41,03	11,61	28,31	0,556	0,501	90,12	0,448	37,3
		—	—	—	—	—	—	0,362	30,45
Huhn VI	Leber	9,75	3,25	33,32	0,217	0,192	88,55	0,170	8,52
		—	—	—	—	—	—	0,155	7,95
	Muskeln	31,89	9,12	28,60	0,586	0,520	88,82	0,519	41,65
		—	—	—	—	—	—	0,588	47,5
Huhn VII	Leber	7,66	2,51	32,77	0,176	0,158	89,88	0,187	16,3
		—	—	—	—	—	—	0,225	19,1
	Muskeln	41,16	10,89	26,46	0,312	0,280	89,68	0,530	48,3
		—	—	—	—	—	—	0,322	30,05
Huhn VIII	Leber	5,22	1,57	30,17	0,149	0,135	90,65	0,190	16,7
		—	—	—	—	—	—	—	—
	Muskeln	39,13	10,56	26,99	0,485	0,435	89,72	0,798	69,1
		—	—	—	—	—	—	0,613	52,0
Huhn IX u. X	Leber	18,81	5,41	28,79	0,266	0,234	87,95	0,482	35,25
		—	—	—	—	—	—	0,386	28,75
	Muskeln	39,67	10,73	27,05	0,749	0,640	85,48	0,578	52,2
		—	—	—	—	—	—	0,364	32,9
Huhn XI	Leber	9,53	2,22	23,29	0,224	0,201	89,53	0,218	17,25
		—	—	—	—	—	—	0,234	18,2
	Muskeln	38,86	9,81	25,24	0,691	0,650	94,03	0,337	31,5
		—	—	—	—	—	—	0,461	43,1
Huhn XII	Leber	9,84	2,47	25,10	0,215	0,189	87,87	0,324	25,65
		—	—	—	—	—	—	0,308	24,55
	Muskeln	33,07	8,37	25,31	0,425	0,376	88,34	0,490	42,0
		—	—	—	—	—	—	0,643	54,7
Huhn XIII u. XIV	Leber	16,74	2,49	14,87	0,241	0,215	89,15	0,216	25,53
		—	—	—	—	—	—	0,259	19,9
	Muskeln	50,14	13,14	26,21	0,665	0,589	88,60	0,538	49,05
		—	—	—	—	—	—	0,553	49,6
Huhn XV u. XVI	Leber	8,59	2,35	27,42	0,286	0,334	85,61	0,217	17,95
		—	—	—	—	—	—	0,228	18,3
	Muskeln	34,91	8,97	25,69	0,480	0,400	83,30	0,420	37,9
		—	—	—	—	—	—	0,338	30,65

Gesamt-N		Bestimmung des Gesamt-P				Bestimmung des Eiweifs-N				Bestimmung des Eiweifs-P			
N-Gehalt der lufttrocknen Substanz		luft-trockne Sub-stanz	$^1/_2$ normal Na OH	P-Gehalt der lufttrocknen Substanz		feuchte Sub-stanz	$^1/_{10}$ normal Na OH	N-Gehalt der feuchten Substanz		feuchte Sub-stanz	$^1/_2$ normal Na OH	P-Gehalt der feuchten Substanz	
einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %	g	ccm	einzeln %	mittel %
3,63	3,65	1,354	10,59	0,433	0,437	2,549	26,60	1,462	1,464	7,639	7,95	0,058	0,058
3,67		1,447	11,53	0,441		2,931	30,7	1,467		9,544	10,09	0,059	
						2,013	21,0	1,462					
11,66	11,72	1,213	15,11	0,690	0,692	3,279	69,45	2,967	2,927	—	—	—	—
11,79		0,989	12,40	0,694		3,207	66,1	2,888		—	—	—	
7,00	7,08	0,698	9,52	0,755	0,762	2,165	31,65	2,048	2,101	7,148	9,88	0,077	0,078
7,16		0,602	8,35	0,768		1,711	26,3	2,154		5,596	8,05	0,080	
11,24	11,27	1,010	13,01	0,714	0,704	2,916	57,1	2,743	2,829	—	—	—	—
11,31		0,820	10,30	0,695		2,186	45,5	2,916		—	—	—	
12,19	12,04	0,703	14,09	1,111	1,111	1,565	37,55	3,362	3,343	8,236	18,42	0,124	0,124
11,90		0,757	15,19	1,111		1,639	38,9	3,325		5,812	12,95	0,123	
12,77	12,92	1,924	26,57	0,765	0,772	3,923	80,9	2,889	2,905	12,150	4,35	0,020	0,019
13,08		1,379	19,39	0,779		3,305	68,9	2,921		14,671	4,55	0,017	
12,30	12,30	0,538	10,86	1,119	1,136	2,650	58,6	3,098	3,071	8,087	17,25	0,118	0,119
—		0,438	9,12	1,153		2,478	53,85	3,045		6,958	14,95	0,119	
12,13	12,01	1,249	16,22	0,719	0,710	—	—	—	—	—	—	—	—
11,89		1,095	14,25	0,721		—	—	—		—	—	—	
10,24	10,34	1,082	19,53	1,000	1,017	3,049	58,5	2,688	2,696	11,717	21,27	0,100	0,101
10,44		0,806	15,05	1,035		3,361	64,9	2,705		10,526	19,15	0,101	
12,64	12,65	1,131	15,68	0,768	0,779	2,856	61,3	3,007	2,994	14,715	5,64	0,021	0,021
12,66		1,324	18,86	0,789		3,478	74,0	2,981		14,112	5,47	0,021	
11,10	10,99	0,597	12,64	1,174	1,159	2,203	34,3	2,181	2,192	6,773	12,52	0,102	0,100
10,88		0,573	11,82	1,144		2,486	39,1	2,204		8,144	14,33	0,097	
13,08	13,09	1,425	21,06	0,818	0,825	2,740	54,6	2,792	2,792	12,829	4,05	0,017	0,018
13,10		1,046	15,21	0,806		—	—	—		11,648	3,86	0,018	
11,09	11,13	0,588	12,55	1,183	1,171	1,685	29,8	2,478	2,511	6,325	13,25	0,116	0,117
11,17		0,747	15,64	1,159		1,925	34,95	2,544		5,790	12,32	0,118	
12,01	11,96	1,245	17,32	0,771	0,781	2,592	49,65	2,684	2,686	9,830	3,32	0,019	0,018
11,92		1,105	15,79	0,792		2,626	50,4	2,689		15,584	4,61	0,016	
10,86	10,81	0,518	11,18	1,195	1,190	3,589	36,7	1,432	1,423	8,093	9,87	0,067	0,068
10,77		0,659	14,11	1,186		2,829	28,55	1,414		8,093	16,02[1]	0,110[1]	
12,78	12,68	0,911	12,76	0,775	0,771	3,910	78,65	2,818	2,812	12,318	4,38	0,020	0,020
12,57		1,282	17,44	0,754		3,705	74,2	2,806		—	—	—	
		1,160	16,43	0,785									
11,57	11,40	0,634	12,58	1,100	1,105	1,751	32,95	2,636	2,689	5,686	11,13	0,108	0,108
11,23		0,519	10,40	1,110		1,696	33,2	2,742		5,816	11,31	0,108	
12,63	12,67	2,337	31,31	0,742	0,740	3,459	12,1[2]	0,490[2]	0,469[2]	12,339	4,46	0,020	0,019
12,72		1,722	22,61	0,727		3,059	9,8[2]	0,449[2]		12,788	4,02	0,017	

1) Rest-P. 2) Rest-N.